

NO : 15  
ISSN : 0261-0811



**Buku 2 : Kelompok Kerja  
Keprospekan  
dan Evaluasi  
Sumber Daya  
dan Cadangan  
Batubara**

# **PROSIDING**

**Hasil Kegiatan**

**PUSAT SUMBER DAYA MINERAL**

**BATUBARA DAN PANAS BUMI**

**Tahun Anggaran 2023**

Nomor: 15

ISSN : 0261-0811

**PROSIDING HASIL KEGIATAN  
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI  
TAHUN ANGGARAN 2023**

BUKU 2  
KELOMPOK KERJA KEPROSPEKAN DAN EVALUASI  
SUMBER DAYA DAN CADANGAN  
BATUBARA



**KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
BADAN GEOLOGI  
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI**

Editor : Eko Budi Cahyono, S.T.  
Muhammad Abdurachman Ibrahim, S.T., M.T.,  
Rahmat Hidayat, S.T., M.T.,  
Fatimah, S.T., M.Sc.,  
Penny Oktaviani, S.T., M.T.  
Layout & Desain : Eko Suryanto, S.Kom

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas terbitnya prosiding hasil kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2023. Makalah-makalah yang diterbitkan pada prosiding ini merupakan hasil kegiatan lapangan dan non lapangan pada tahun 2023.

Prosiding ini terdiri dari tiga buku. Buku 1 berisi tentang hasil kegiatan Kelompok Kerja Mineral, Buku 2 berupa hasil kegiatan Kelompok Kerja Batubara dan Buku 3 hasil kegiatan Kelompok Kerja Panas Bumi. Pada buku kedua ini berisi sebanyak 15 (lima belas) makalah hasil penyelidikan lapangan dan kegiatan non lapangan. Makalah tentang hasil penyelidikan lapangan meliputi komoditas batubara, gas metana batubara, bitumen padat dan gambut pada tahapan prospeksi dan eksplorasi umum yang ditujukan untuk kepentingan Carbon Capture Storage, material maju dan agroindustri. Sedangkan makalah dari kegiatan non lapangan berupa pemutakhiran data sumber daya dan cadangan batubara, gambut dan gas metana batubara, penyiapan wilayah pertambangan batubara, wilayah kerja gas metana batubara dan penyusunan standar kinerja dan SOP penyelidikan aspal buton. peningkatan nilai tambah batubara berupa material maju dan potensi logam tanah jarang dalam batubara dan abu batubara.

Adanya prosiding ini sebagai upaya penyebaran informasi hasil kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi selama Tahun 2023 kepada masyarakat. Diharapkan dapat dijadikan salah satu rujukan untuk penentuan kebijakan dan kajian sumber daya mineral dan energi selanjutnya.

Bandung, Juli 2024

Kepala Pusat Sumber Daya Mineral  
Batubara dan Panas Bumi



## DAFTAR ISI

1. Eksplorasi Pendahuluan Penyelidikan Umum Batubara untuk <i>Carbon Capture Storage</i> (CCS), Material Maju dan Agroindustri Daerah Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan .....	1
2. Eksplorasi Pendahuluan Penyelidikan Umum Batubara Daerah Napal Putih Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu .....	31
3. Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Gambut untuk <i>Carbon Storage</i> , Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat .....	45
4. Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Bitumen Padat dan Aspal Geologi dan Geofisika Daerah Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara .....	61
5. Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Batubara Geologi dan Geofisika Daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau .....	77
6. Penyiapan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Pertambangan Batubara .....	103
7. Penyiapan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Prospek Gas Metana Batubara .....	113
8. Evaluasi dan Karakterisasi Batubara untuk Mendukung Agro Industri - Uji Ekstraksi Asam Humat .....	137
9. Studi dan Analisis Material Maju untuk Evaluasi Potensi Peningkatan Nilai Tambah Batubara .....	147
10. Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber Daya dan Cadangan Batubara Status Tahun 2023.....	159
11. Pemutakhiran Data Sumber Daya Gambut, Status Tahun 2023 .....	165
12. Pemutakhiran Data Sumber Daya Gas Metana Batubara Status Tahun 2023 .....	171
13. Evaluasi Data Permukaan dan Bawah Permukaan Potensi Aspal Buton.....	177
14. Evaluasi Potensi Logam Tanah Jarang, <i>Valuable and Trace Elements</i> dalam Batubara dan Abu Batubara.....	191
15. Penyusunan Standar Kinerja dan SOP Penyelidikan Aspal Buton .....	213



**EKSPLORASI PENDAHULUAN PENYELIDIKAN UMUM BATUBARA  
UNTUK *CARBON CAPTURE STORAGE (CCS)*, MATERIAL MAJU DAN AGROINDUSTRI  
DAERAH KABUPATEN MUSI BANYUASIN, PROVINSI SUMATERA SELATAN**

**Soleh Basuki Rahmat<sup>1</sup>, Dede Ibnu Suhada<sup>1</sup>, David P. Simatupang<sup>1</sup>,  
Agus Maryono<sup>1</sup>, dan Iudhi Oki Prahesti<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara,

<sup>2</sup>Kelompok Kerja Pelayanan Sarana Penyelidikan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

**SARI**

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang diandalkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun penghasil devisa negara. Batubara disamping dapat digunakan secara langsung sebagai sumber energi juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan gas karbon yang menjadi salahsatu penyebab pemanasan global. Selain itu, batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku material maju dan agroindustri. Hasil penyelidikan di daerah penyelidikan menunjukkan bahwa formasi pembawa batubara adalah Formasi Muaraenim yang berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen. Seam yang muncul di daerah penyelidikan adalah Seam Mangus, Burung, Benuang, Kebon dan Benakat. Secara megaskopis, kenampakan lapisan batubara mempunyai warna hitam kecoklatan hingga hitam, kilap agak terang hingga kusam, mengotori tangan, gores-garis coklat, keras, *brittle*, *cleat* terlihat jelas, setempat struktur kayu masih terlihat. Berdasarkan hasil analisis kimia, fisika dan petrografi organik, batubara di daerah penyelidikan termasuk peringkat lignit hingga subbituminous C (ASTM). Hasil modelling yang dilakukan dengan menggunakan CRESS menunjukkan potensi sumber daya batubara permukaan dengan kedalaman < 100 meter adalah sebesar 1.1 juta ton dengan klasifikasi inventori tereka. Sedangkan untuk batubara dengan kedalaman > 100 m, nilai inventori tereka adalah sebesar 3.8 juta ton. Total keseluruhan inventori tereka di daerah eksplorasi blok Sekayu adalah sebesar 4.9 juta ton. Apabila digunakan sebagai tempat untuk menyimpan gas CO<sub>2</sub> (*carbon capture and storage*, CCS), pada kedalaman lebih dari 100 m dari permukaan tanah asal, jumlah kandungan gas CO<sub>2</sub> yang dapat disimpan pada blok Sekayu untuk Rf 20% dan C 40% adalah sebesar 84.7 juta scf, sementara untuk rf 60% dan C 60% adalah sebesar 381.3 juta scf. Untuk pembuatan grapena dan *graphene quntum dots (GQDs)*, dari empat belas sampel batubara daerah penyelidikan menunjukkan bahwa dengan metodologi ekstraksi menggunakan ultrasonikasi multistahap, dapat menghasilkan grafena (Gs), *reduced graphene oxide (rGO)* dan *graphena quantum dots (GQDs)*. Spektroskopi FTIR dan UV-Vis memastikan sintesis grafena dari

batubara dalam bentuk grafena (Gs) atau rGO dan GQDs. Analisis XRD juga menunjukkan adanya GO dan rGO yang terbentuk. GQDs yang terbentuk memiliki warna yaitu kuning, hijau dan biru. Untuk asam humat, batubara di daerah penyelidikan memiliki *yield* ekstraksi senyawa humat (asam humat dan asam fulvat) yang cukup bervariasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses ekstraksi pada suhu 65<sup>o</sup>C memiliki nilai *yield* asam humat yang lebih besar dibandingkan dengan proses ekstraksi pada suhu 30<sup>o</sup>C. Nilai *yield* senyawa humat untuk proses ekstraksi pada suhu 30<sup>o</sup>C berkisar antara 9 – 33%, sementara untuk proses ekstraksi dengan suhu 65<sup>o</sup>C berkisar antara 13 – 54%. Ini menunjukkan bahwa suhu pada saat ekstraksi merupakan hal yang harus diperhatikan. Sementara itu, *yield* asam humat menunjukkan nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan asam fulvat. Nilai terendah dimiliki oleh sampel ASD-01A dengan *yield* 6% dan tertinggi berada pada sampel SAK-01B dengan *yield* 34%. Dengan minimum *yield* asam humat yang baik adalah 20%, maka tidak semua batubara di daerah penyelidikan baik untuk dikembangkan asam humatnya.

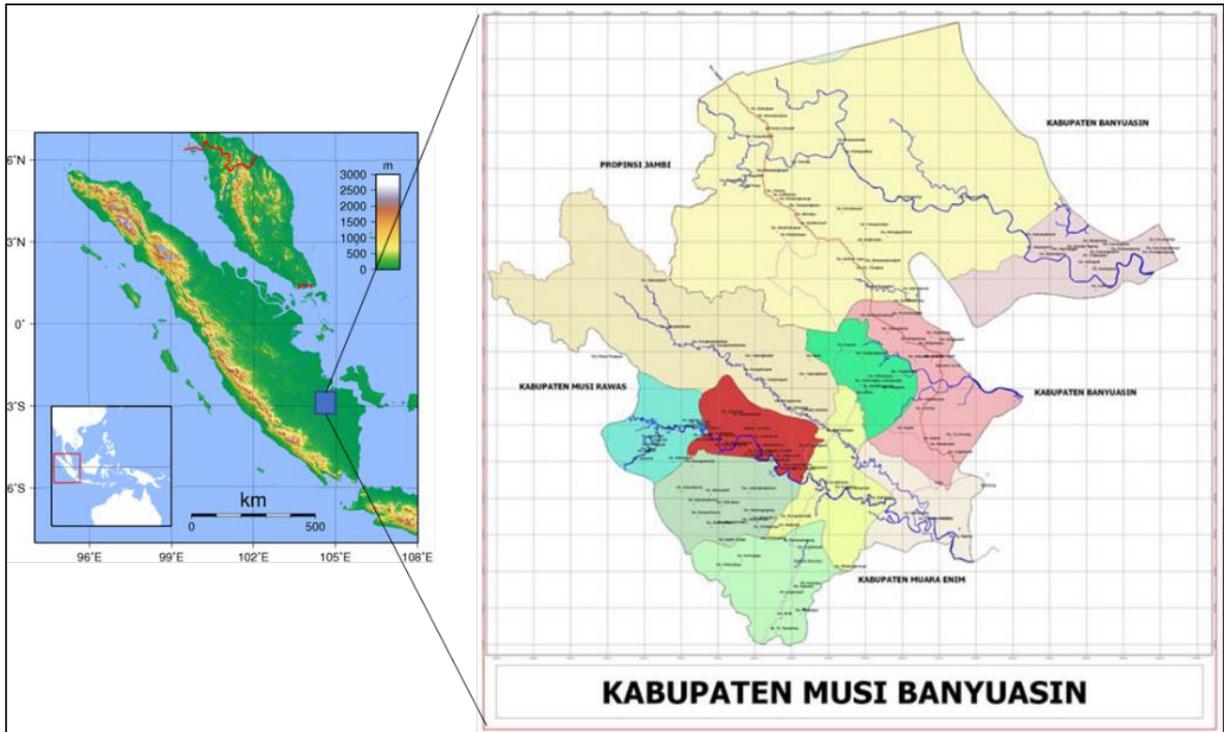
**Kata kunci:** Batubara, CCS, Grafena, Asam Humat

## **PENDAHULUAN**

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Selain itu, batubara juga merupakan salah satu penghasil devisa negara. Batubara disamping dapat digunakan secara langsung sebagai sumber energi juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan gas karbon yang menjadi salah satu penyebab pemanasan global. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku material maju dan agroindustri. Untuk itu, maka dipandang perlu untuk melakukan kegiatan eksplorasi pendahuluan agar potensi batubara dapat diketahui. Kegiatan eksplorasi pendahuluan penyelidikan

umum batubara untuk *carbon capture storage* (CCS), material maju dan agroindustri dilakukan didaerah Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi daerah penyelidikan dapat dilihat pada gambar 1.

Kegiatan ini dimaksudkan untuk dapat menambah data potensi batubara dalam rangka melengkapi bank data potensi sumber daya energi nasional. Sedangkan tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melakukan penyelidikan umum batubara dengan metode pemetaan geologi dalam rangka tersusunnya rekomendasi keprospekan batubara khususnya untuk keperluan *carbon capture storage* (CCS), material maju dan agroindustri di daerah penyelidikan.



Gambar 1. Lokasi daerah penyelidikan

## METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam kegiatan penyelidikan umum batubara dibagi dalam 4 (empat) tahapan, yaitu pengumpulan data sekunder, pemetaan geologi di lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data serta penyusunan laporan. Pada tahap pengumpulan data sekunder, data yang didapat kemudian dievaluasi untuk membantu memudahkan pelaksanaan kegiatan penyelidikan di lapangan seperti perencanaan lintasan yang akan dilalui di lapangan. Pada kegiatan pemetaan geologi permukaan, kegiatan yang dilakukan meliputi; pengamatan singkapan batubara dan non batubara, deskripsi litologi, pengukuran arah jurus (*strike*) dan kemiringan (*dip*)

serta ketebalan, kolom stratigrafi, serta pemercontohan batubara.

Kemudian pada sampel batubara yang didapatkan dari pemetaan geologi, dilakukan analisis proksimat, ultimat, pengujian fisika, pengujian *mechanical properties*, *thermal properties*, analisis abu dan analisis petrografi yang dilaksanakan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panasbumi (PSDMBP), Badan Geologi, Bandung. Selain itu, untuk keperluan evaluasi CCS, dilakukan analisis *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dilakukan oleh *Energy Resources Consulting Pty Ltd* (ERC), Australia. Sementara untuk evaluasi material maju dan agroindustri, dilakukan

ekstraksi grafena dan ekstraksi asam humat masing masing dilakukan oleh Universitas Sari Mutiara Indonesia (USMI) dan Universitas Gadjah Mada (UGM).

## **GEOLOGI**

Secara regional daerah penyelidikan termasuk dalam Cekungan Sumatera Selatan (Gambar 2). Cekungan Sumatera Selatan terletak di sebelah timur dari Pegunungan Bukit Barisan dan menerus ke timurlaut hingga bagian lepas pantai. Cekungan ini merupakan cekungan belakang busur (Darman and Sidi, 2000). Cekungan Sumatera Selatan dibatasi oleh Tinggian Palembang dan Lampung di sebelah selatan. Tinggian ini juga memisahkan cekungan ini dengan Cekungan Sunda dan membatasi penyebaran batuan sedimen dari sumbernya pada saat Mesozoikum hingga Tersier. Pada bagian utara, cekungan ini dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh yang juga memisahkannya dari Cekungan Sumatera Tengah. Pada bagian barat, cekungan ini dibatasi oleh Pegunungan Bukit Barisan berumur Plio-Pleistosen (Bishop, 2001).

Cekungan Sumatera Selatan terbentuk pada Pra-Tersier hingga Tersier Awal pada saat fasa ekstensi barat – timur. Fasa orogenesis selama Kapur Akhir hingga Eosen memisahkan cekungan menjadi empat sub-cekungan. Pola struktur utama didalam cekungan terjadi setelah tiga fasa tektonik, yaitu fasa

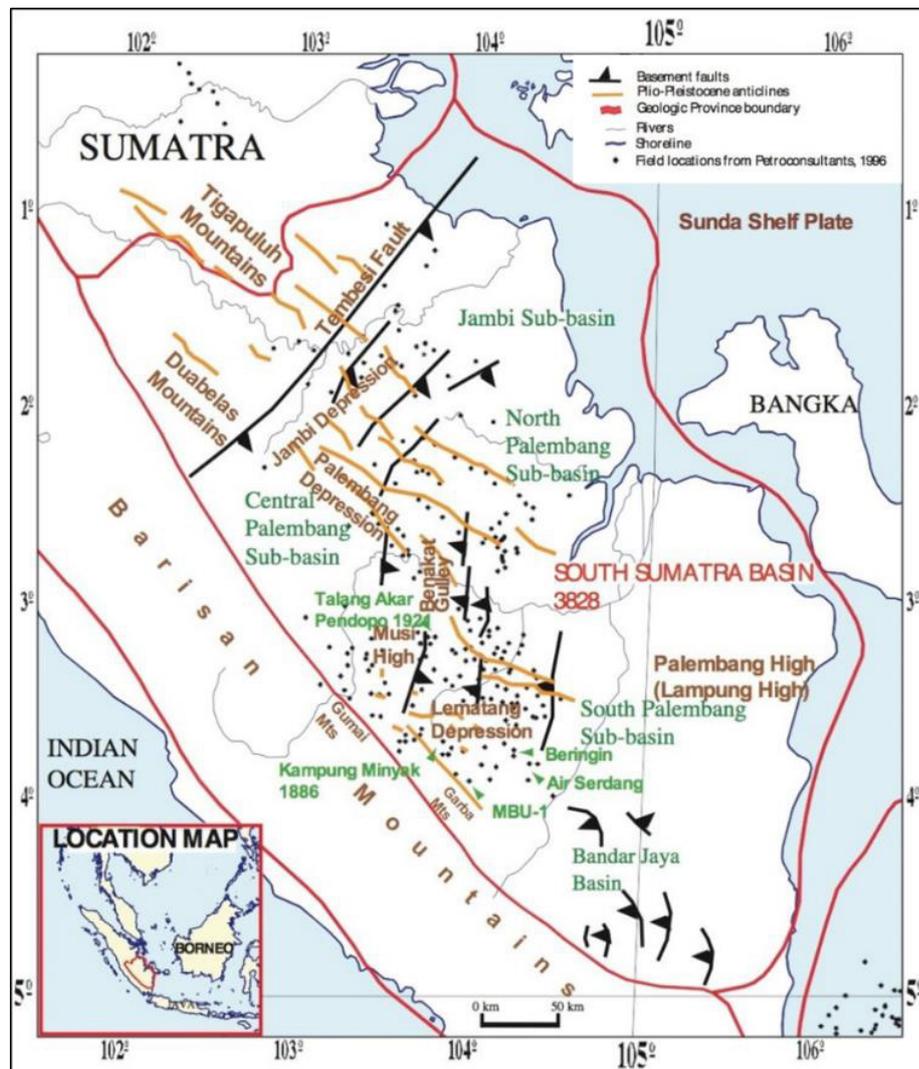
orogenesis Mesozoikum Tengah, fasa tektonik Kapur Akhir hingga Eosen dan fasa orogenesis Pliosen hingga Pleistosen. Dua fasa tektonik awal membentuk konfigurasi batuan dasar dari Cekungan Sumatera Selatan, termasuk adanya *graben*, *horst* dan blok sesar. Fasa tektonik terakhir membentuk struktur berarah baratlaut – tenggara dan depresi ke arah timurlaut (Darman and Sidi, 2000).

Sementara di daerah penyelidikan, Formasi Airbenakat merupakan formasi tertua, diikuti oleh Formasi Muaraenim yang mempunyai penyebaran cukup luas, terutama di bagian tengah daerah penyelidikan. Formasi ini bertindak sebagai pembawa endapan batubara utama. Mengacu pada penyelidikan Shell, 1978, dalam Ilyas, dkk., 2000, formasi ini dibagi menjadi empat anggota. Uraian masing-masing anggota dari tua ke muda yaitu M1, M2, M3, dan M4 (Tabel 1). Formasi Muaraenim di daerah penyelidikan mempunyai ketebalan berkisar antara 400 dan 600 m yang diketahui dari hasil pengeboran minyak bumi dan mempunyai kemiringan relatif kecil, umumnya kurang dari 10° (Ilyas, dkk., 2000). Formasi Kasai terdapat selaras diatas Formasi Muaraenim, disusun oleh perselingan batulempung dan batulanau, sisipan batupasir tufaan serta beberapa lapisan batubara atau lempung batubaraan. Batas bawah ditempatkan pada puncak Lapisan Niru, sedangkan batas atas adalah kontak dengan endapan rawa. Formasi ini disusun

oleh perselingan batulanau dengan batulempung, ke arah atas didominasi oleh batupasir tuffaan, setempat ditemukan sisipan lensa-lensa tipis lignit. Batulanau umumnya berwarna abu-abu kecoklatan sampai abu-abu kehijauan, masif dan mengandung sisa-sisa tumbuhan. Tebal lapisan berkisar antara 1,1 hingga 3,35 m. Batulempung berwarna abu-abu kecoklatan, lunak, umumnya masif, mengandung sisipan lempung batubaraan. Batupasir berwarna abu-abu muda sampai

putih kotor, rapuh, terpilah sedang mengandung mineral kuarsa, fragmen gelas vulkanik dan endapan feldspar (Ilyas, dkk., 2000).

Endapan rawa dan aluvium adalah endapan permukaan yang terbentuk sekarang. Satuan ini menindih tidak selaras batuan di bawahnya. Materialnya terdiri atas lumpur, pasir, kerikil dan kerakal yang berasal dari rombakan batuan yang lebih tua (Ilyas, dkk., 2000).



Gambar 2. Tatanan Tektonik Cekungan Sumatera Selatan (Bishop, 2001)

Tabel 1. Stratigrafi daerah Musi Banyuasin dan sekitarnya (Shell, 1978, dalam Ilyas, dkk.,2000)

UMUR		FORMASI & ANGGOTA		CEKUNGAN SUMATERA SELATAN (Shell Mijnbouw, 1978)	
				PEMERIAN LITOLOGI	LAPISAN BB
M I O S E N	A T A S	KASAI		Batulempung, biru-hijau, batupasir hijau glaukonitan, batu apung, lensa batubara	
		M	M4	Batulempung tufaan, hijau kebiruan, lempung pasiran, pasir halus-kasar, abu-abu – putih, sedikit glaukonit tebal 120 – 200 m, mengandung lapisan batubara Niru, Lematang, Babat dan Kebon	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Niru</li> <li>■ Lematang</li> <li>■ Babat</li> <li>■ Kebon</li> </ul>
		R	M3	Perselingan batupasir dan batulanau, biru-hijau, batulempung abu-abu, hijau dan coklat, horizon pasir 3 – 6 m terletak 40 m diatas lapisan batubara Mangus dan terdapat kantong-kantong gas. Tebal 100 – 280 m mengandung lapisan batubara Benuan dan Burung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Benuang</li> <li>■ Burung</li> </ul>
		E	M2	Batulempung dan batulempung pasiran, coklat-abu-abu, batupasir halus – sedang, abu-abu coklat, bagian bawah berwarna hijau abu-abu, tebal 40 – 120 m mengandung lapisan batubara Mangus, Suban/Pengadang, dan Petai	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mangus</li> <li>■ Suban/Pengadang</li> <li>■ Petai</li> </ul>
		I	M1	Batupasir, batulanau dan batulempung, abu-abu kecoklatan dan sedikit glaukonitan, tebal 100 – 250 m mengandung lapisan batubara Merapi dan Kladi	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Merapi</li> <li>■ Kladi</li> </ul>
N	T E N G A H	AIR BENAKAT		Batulempung dan serpih pasiran, abu-abu kecoklatan dan abu-abu kebiruan, sebagian napalan, batupasir halus, abu-abu kehijauan, glaukonitan.	

## HASIL PENYELIDIKAN

### Pemetaan Geologi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, analisis peta topografi dan analisis peta *Digital Elevation Model* (DEM), morfologi daerah penyelidikan termasuk kedalam satuan morfologi pedataran landai. (Gambar 3). Satuan morfologi ini memiliki ketinggian antara 12.5 meter hingga 110 meter di atas permukaan laut dan dicirikan oleh garis kontur yang renggang pada peta topografi. Sedangkan pada peta DEM dicirikan dari kurangnya relief tinggian atau kurangnya permukaan yang menonjol. Pengamatan dilapangan menunjukkan adanya sungai-sungai besar melewati satuan ini, yaitu

Sungai Musi dan Sungai Batangharileko yang memiliki pola pengaliran anastomotik. Satuan Morfologi ini disusun oleh endapan aluvium dan Formasi Muaraenim. Lahan disekitar umumnya dijadikan pemukiman, pertanian, perkebunan dan lahan tambang (Gambar 4).

Pemetaan geologi permukaan daerah penyelidikan dititikberatkan pada formasi pembawa batubara, yaitu Formasi Muaraenim. Hasil penyelidikan di lapangan menunjukkan bahwa endapan batubara berkembang dengan cukup baik. Hal ini dilihat dari banyaknya singkapan dan tebalnya perlapisan yang ditemukan selama kegiatan penyelidikan. Sebanyak 13 singkapan berhasil ditemukan di daerah penyelidikan. Lapisan batubara yang

ditemukan secara megaskopis mempunyai warna hitam kecoklatan hingga hitam, kilap agak terang hingga kusam, mengotori tangan, gores-garis coklat, keras, *brittle*, *cleat* terlihat jelas, setempat struktur kayu masih terlihat. Penyebaran secara lateral dapat dilihat pada Gambar 5. Ketebalan batubara berkisar antara 1,5 meter hingga 15 meter. Penyebarannya secara lateral cukup luas, dengan arah penyebaran relatif baratlaut – tenggara.

### Kualitas Endapan Batubara

Kualitas batubara dapat diketahui berdasarkan hasil pengamatan megaskopis, analisa mikroskopis (analisa petrografi organik/analisa fisik) dan analisa kimia.

Secara megaskopis, kualitas batubara dapat dilihat berdasarkan *lithotype*-nya. Lithotype batubara adalah garis-garis/pita seperti perlapisan yang membentuk permukaan batubara. Garis ini dibedakan berdasarkan kusam atau terangnya. Makin banyak pita terangnya maka batubara tersebut biasanya memiliki kualitas yang lebih baik. Batubara dari Formasi Muaraenim dilihat dari *lithotype*-nya termasuk ke dalam kelas mainly *dull – dull with minor bright* (kusam sampai sedikit terang) (Gambar 6). Kemungkinan besar memiliki peringkat rendah hingga sedang.

Sedangkan dilihat secara mikroskopis, hasil analisis petrografi menunjukkan maseral yang mendominasi adalah maseral *vitrinite* dengan kandungan

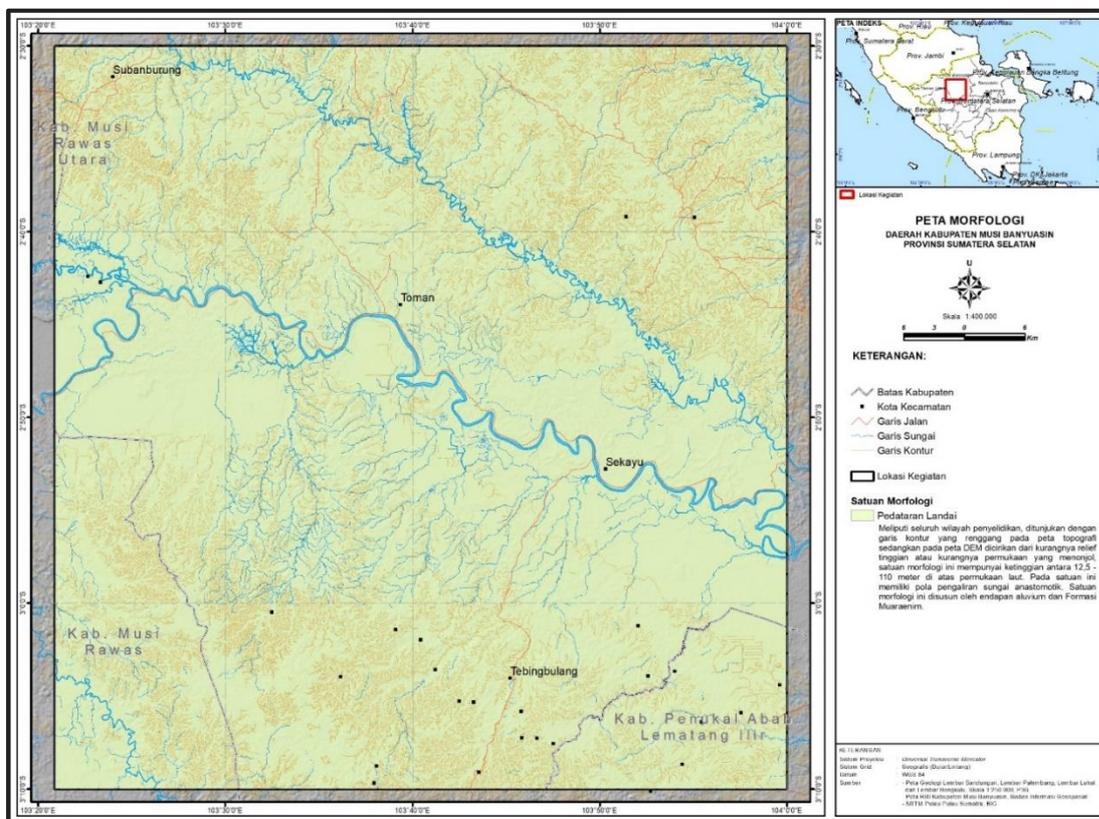
antara 67 – 95%. Sementara maseral *liptinite* dan *inertinite* berkisar masing-masing antara 0,2 – 12% dan 1,4 – 22,8%. Ditemukan juga mineral lempung, oksida besi dan pirit dengan kandungan dibawah 7% (Tabel 2). Hasil pengukuran acak dari *vitrinite reflectance* menunjukkan nilai yang berkisar antara 0,25% hingga 0,41% dan termasuk kedalam peringkat lignit hingga sub-bituminus (Gambar 7).

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa sampel batubara yang dianalisis memiliki kandungan total *moisture* (kelembaban) yang bervariasi antara 32,97% sampai 57,85% (ar). Sampel ASD 03 memiliki nilai kelembaban terendah dan sampel API 01 memiliki kandungan kelembaban tertinggi. Sementara untuk kandungan *inherent moisture* berkisar antara 9% sampai 18% (adb). Secara umum, sampel yang dianalisis memiliki kandungan *inherent moisture* diatas 10% (adb). Secara umum, kelembaban memiliki korelasi dengan nilai kalori. Korelasi yang terjadi biasanya adalah nilai kalori berbanding terbalik dengan kandungan kelembaban. Apabila nilai kalori naik, maka nilai kelembaban turun, begitu pula sebaliknya. Hasil uji proksimat juga menunjukkan nilai kadar zat terbang (*volatile matter*) yang berkisar antara 41% hingga 53% (adb). Kadar abu berkisar antara 1% sampai hingga mendekati 5% (adb). Untuk kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) pada batubara di daerah penyelidikan,

kisarannya antara 34% hingga 42% (adb). Sedangkan kisaran nilai kalori berada antara 5.100 – 6.200 kal/gr (adb) atau 11.600 – 13.300 btu/lb (dmmf).

Penentuan peringkat batubara daerah penyelidikan menggunakan nilai kalori berdasarkan klasifikasi dari *American Society of Testing Materials* (ASTM) dalam basis *moist mineral matter free* (moist,mmf) dengan satuan btu/lb berkisar antara 4.772 – 8.598 btu/lb (*moist, mmf*). Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa batubara di daerah penyelidikan termasuk peringkat Lignite B hingga Subbituminous C (ASTM) (Gambar 8). Hal ini berkorelasi dengan hasil pengukuran reflektan vitrinit acak (*random vitrinite reflectance, R<sub>o</sub>*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

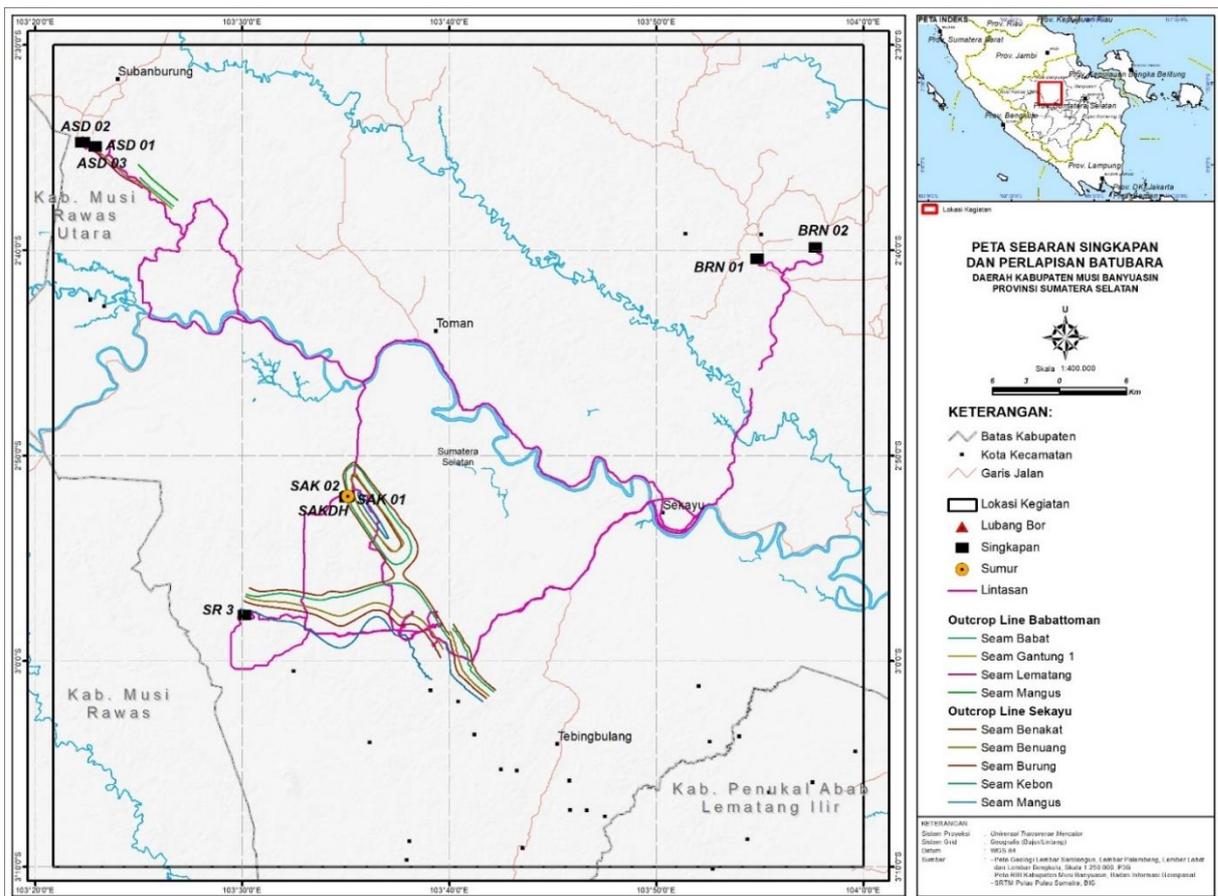
Untuk analisis ultimat batubara, dilakukan pengukuran komponen organik batubara yang terdiri dari unsur-unsur kimia karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan sulfur (Tabel 3). Kandungan karbon dari sampel daerah penyelidikan memiliki nilai antara 70 – 77% (daf). Sementara untuk nilai hidrogen, berada pada kisaran 4.8% - 5.9% (daf). Untuk nilai Nitrogen, kisaran nilainya berada pada 0.8% hingga 1.5% (daf). Menurut Thomas (2020), kandungan nitrogen pada batubara sebaiknya tidak melebihi dari 1,5 – 2,0 % daf, sehingga keseluruhan sampel batubara memiliki kandungan nitrogen di bawah ambang batas.



Gambar 3. Peta morfologi daerah penyelidikan



Gambar 4. Morfologi pedataran yang digunakan menjadi lahan pertanian



Gambar 5. Sebaran singkapan dan perlapisan batubara di daerah penyelidikan (dimodifikasi dari data CRESS)



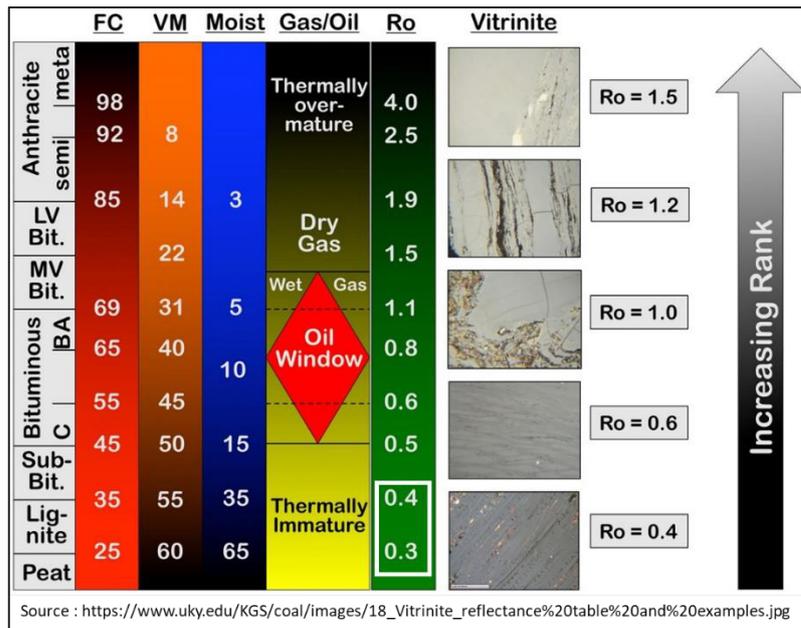
Gambar 6. Lithotype batubara Formasi Muaraenim menunjukkan kilap kusam

Tabel 2. Hasil analisis petrografi batubara daerah penyelidikan

No	Conto	Petrografi						
		Rv random (%)	V (%)	I (%)	L (%)	Clay (%)	OB (%)	Py (%)
1	ASD 01	0,41	72,60	21,40	4,20	1,20		0,60
2	ASD 02	0,41	68,40	19,20	10,40	0,60		1,40
3	CK 1	0,30	82,20	9,40	1,00	6,40		1,00
4	CK 03	0,34	80,00	11,40	4,60	1,60		2,40
5	API 01	0,25	94,40	2,00	0,60	2,20		0,80
6	APU 02	0,32	95,40	1,40	0,20	2,00	0,20	0,80
7	APU 03	0,33	69,00	22,80	2,20	4,80		1,20
8	BRN 01	0,40	73,20	19,00	5,00	2,40		0,40
9	BRN 02	0,38	74,80	12,60	8,20	3,00		1,40
10	ASD 03	0,39	63,80	18,00	12,00	6,00		0,20
11	SR 01	0,34	86,00	3,20	8,20	1,60		1,00
12	SR 02	0,35	67,80	19,00	5,60	7,20		0,40
13	SAK 01	0,35	67,60	22,60	4,80	4,60		0,40
14	SAK 02	0,33	77,20	15,40	4,20	3,00		0,20

Keterangan:

Rv      *Vitrinit Reflectance*  
V        *Vitrinite*  
I        *Inertinite*  
L        *Liptinite*  
OB      Oksida Besi  
Py      Pirit



Gambar 7. Peringkat batubara di daerah penyelidikan umum berdasarkan nilai *random vitrinite reflectance*. Kotak putih menunjukkan peringkat batubara daerah penyelidikan (Mukhopadhyay, 1994)

**TABLE 1 Classification of Coals by Rank<sup>A</sup>**

Class/Group	Fixed Carbon Limits (Dry, Mineral-Matter-Free Basis), %		Volatile Matter Limits (Dry, Mineral-Matter-Free Basis), %		Gross Calorific Value Limits (Moist, <sup>B</sup> Mineral-Matter-Free Basis)				Agglomerating Character
	Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Btu/lb		Mj/kg <sup>C</sup>		
					Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
Anthracitic:									
Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	...	...	} non-agglomerating
Anthracite	92	98	2	8	...	...	...	...	
Semianthracite <sup>D</sup>	86	92	8	14	...	...	...	...	
Bituminous:									
Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	...	...	...	...	} commonly agglomerating <sup>E</sup>
Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	...	...	...	...	
High volatile A bituminous coal	...	69	31	...	14 000 <sup>F</sup>	...	32.557	...	
High volatile B bituminous coal	...	...	...	...	13 000 <sup>F</sup>	14 000	30.232	32.557	
High volatile C bituminous coal	...	...	...	...	11 500	13 000	26.743	30.232	
					10 500	11 500	24.418	26.743	} agglomerating
Subbituminous:									
Subbituminous A coal	...	...	...	...	10 500	11 500	24.418	26.743	} non-agglomerating
Subbituminous B coal	...	...	...	...	9 500	10 500	22.09	24.418	
Subbituminous C coal	...	...	...	...	8 300	9 500	19.30	22.09	
Lignitic:									
Lignite A	...	...	...	...	6 300	8 300	14.65	19.30	} non-agglomerating
Lignite B	...	...	...	...	...	6 300	...	14.65	

<sup>A</sup> This classification does not apply to certain coals, as discussed in Section 1.  
<sup>B</sup> Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.  
<sup>C</sup> Megajoules per kilogram. To convert British thermal units per pound to megajoules per kilogram, multiply by 0.0023255.  
<sup>D</sup> If agglomerating, classify in low volatile group of the bituminous class.  
<sup>E</sup> It is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in the high volatile C bituminous group.  
<sup>F</sup> Coals having 69 % or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of gross calorific value.

Gambar 8. Peringkat batubara daerah penyelidikan berdasarkan klasifikasi ASTM

Tabel 3. Hasil analisis proksimat, ultimat dan nilai kalori dari batubara di daerah penyelidikan

No	Conto	Free moisture (% ar)	Moisture total (% ar)	Proximate				Ultimate					CV (cal/gr, adb)
				In.Moist (% adb)	VM (% adb)	Ash (% adb)	FC (% adb)	C (% daf)	H (% daf)	N (% daf)	O (% daf)	S (% daf)	
1	ASD 01	21,46	34,74	16,92	41,58	1,39	40,11	77,58	5,87	1,47	14,84	0,24	6.064,0
2	ASD 02	25,25	35,40	13,58	44,40	1,09	40,93	76,08	5,73	1,51	16,31	0,36	6.227,0
3	CK 1	47,58	57,39	18,72	42,36	1,39	37,53	70,64	5,11	1,09	22,86	0,30	5.179,0
4	CK 03	37,97	47,06	14,65	46,32	1,97	37,06	73,21	5,61	1,25	18,44	1,49	5.826,0
5	API 01	49,78	57,85	16,07	43,88	2,50	37,55	70,20	5,04	0,85	23,64	0,26	5.266,0
6	APU 02	43,53	50,78	12,85	43,27	2,16	41,72	70,79	4,94	0,81	22,21	1,24	5.507,0
7	APU 03	43,68	51,53	13,94	42,69	3,51	39,86	71,23	4,91	1,42	21,32	1,12	5.416,0
8	BRN 01	41,01	48,15	12,10	44,75	4,97	38,18	72,05	5,28	1,43	19,90	1,34	5.614,0
9	BRN 02	38,95	49,35	17,03	41,68	4,63	36,66	72,03	5,10	1,39	20,22	1,26	5.300,0
10	ASD 03	24,55	32,97	11,06	45,24	1,56	42,04	75,62	5,41	1,45	17,30	0,22	6.327,0
11	SR 01	40,61	48,62	13,50	43,87	2,15	40,48	71,23	4,85	1,39	22,20	0,33	5.638,0
12	SR 02	40,14	46,57	10,75	50,32	1,40	37,53	72,01	5,57	1,16	21,08	0,18	6.140,0
13	SAK 01	45,40	50,45	9,24	53,36	2,69	34,71	72,99	5,98	1,17	19,65	0,20	6.326,0
14	SAK 02	48,43	55,65	14,00	46,51	2,54	36,95	70,29	5,00	1,04	23,44	0,23	5.632,0

### Sumber Daya Batubara

Untuk perhitungan sumber daya, dipilih daerah blok Sekayu (Gambar 9). Daerah ini dipilih dikarenakan memiliki data yang cukup lengkap. Data yang berhasil dikumpulkan berupa data singkapan dan data pemboran yang berasal dari hasil penyelidikan PSDMBP dan beberapa data dari perusahaan. Kesemuanya merupakan data sekunder. Kemudian data-data tersebut dimodelkan dengan menggunakan program CRESS. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 10. Setelah dimodelkan, maka dihitung sumber daya daerah blok tersebut. Hasil perhitungan sumber daya daerah blok Sekayu dapat dilihat pada Tabel 4.

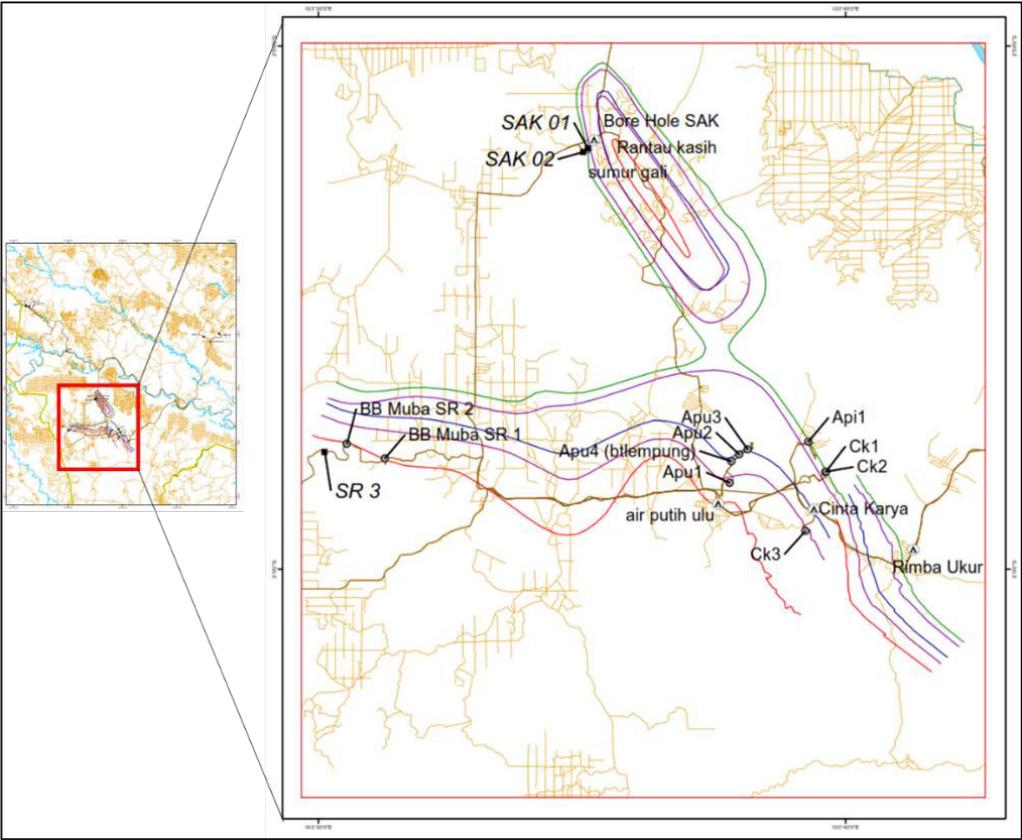
Berdasarkan SNI pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara tahun 2019 (BSN, 2019) sumber daya daerah penyelidikan termasuk kedalam kategori **inventori batubara tereka** dikarenakan tidak adanya faktor pengubah seperti pertimbangan faktor penambangan, pengolahan, pemurnian, ekonomi.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa batubara di daerah penyelidikan memiliki inventori batubara tereka untuk tiap seam sebagai berikut :

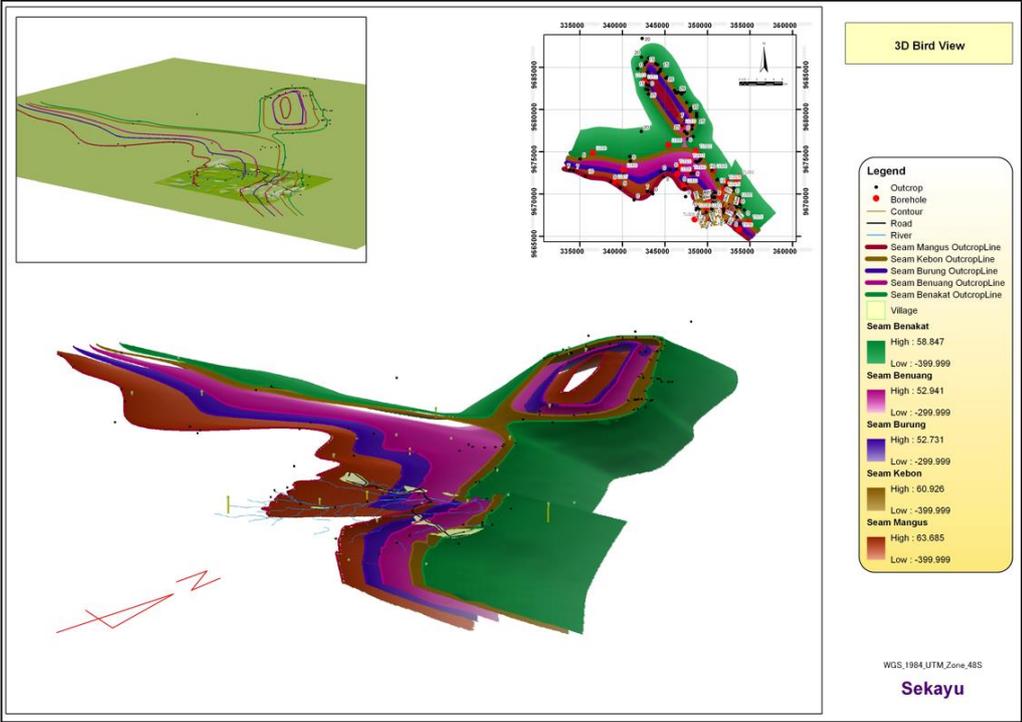
- Seam Benakat : 1.1 juta ton
- Seam Benuang : 0.97 juta ton
- Seam Burung : 0.64 juta ton
- Seam Kebon : 0.60 juta ton
- Seam Mangus : 2.2 juta ton

Seam dengan nilai inventori tereka terbesar adalah seam Mangus dan terkecil adalah seam Kebon. Perbedaan nilai inventori tereka ini disebabkan oleh ketebalan batubaranya. Total keseluruhan inventori tereka di daerah eksplorasi blok Sekayu adalah sebesar 5.57 juta ton.

Potensi sumber daya batubara tersebut kemudian dibagi berdasarkan kedalaman, yaitu < 100 m dan diatas >100 m. Untuk klasifikasi inventori tereka pada kedalaman < 100 meter adalah sebesar 0.69 juta ton, sedangkan untuk batubara dengan kedalaman > 100 m, nilai inventori tereka adalah sebesar 4.88 juta ton.



Gambar 9. Blok Sekayu dari daerah eksplorasi (kotak merah pada peta index) yang digunakan untuk perhitungan sumber daya



Gambar 10. Gambar 3D bird view dari lapisan batubara blok Sekayu hasil dari pemodelan CRESS.(PSDG, 2014)

Tabel 4. Hasil perhitungan sumber daya batubara pada blok Sekayu (PSDG, 2014)

Level (amsl)	Sumberdaya Seam (Ton)				
	Benakat	Benuang	Burung	Kebon	Mangus
100 - 50	207	46	18	129	365
50 - 0	138,314	130,692	97,067	97,688	227,881
0 - -50	135,125	152,739	116,588	69,689	229,604
-50 - -100	141,049	205,784	96,527	65,947	236,980
-100 - -150	132,150	141,427	95,525	66,427	274,889
-150 - -200	124,431	117,603	88,966	67,910	297,676
-200 - -250	127,787	110,947	76,971	70,894	282,751
-250 - -300	123,736	110,817	74,314	57,235	255,307
-300 - -350	122,174	-	-	54,517	207,220
-350 - -400	105,723	-	-	54,400	194,271
<b>Total/seam</b>	<b>1,150,696</b>	<b>970,055</b>	<b>645,976</b>	<b>604,836</b>	<b>2,206,944</b>

## PEMBAHASAN

### Evaluasi batubara untuk *Carbon Capture and Storage (CCS)*

*Carbon capture and storage (CCS)* adalah proses yang terdiri dari pemisahan CO<sub>2</sub> dari sumber-sumber industri dan sumber-sumber yang berhubungan dengan energi, pengangkutan ke lokasi penyimpanan dan isolasi jangka panjang dari atmosfer (IPCC, 2005). CCS dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di atmosfer bumi. Diantara gas yang termasuk ke dalam gas rumah kaca adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) (Bachu, 2007). Sebagian besar upaya yang dilakukan saat ini difokuskan pada pengurangan emisi CO<sub>2</sub>.

PLTU batubara sebagai salah satu pemasok energi yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya, menjadi salah satu penghasil emisi CO<sub>2</sub>

yang cukup besar. Akan tetapi di tengah kelangkaan energi lain dan melimpahnya batubara menjadikan adanya pemikiran untuk membuat batubara menjadi energi yang lebih bersih dengan cara menggunakan teknologi "*clean coal*", batubara ke cairan (*coal to liquid*) dan gasifikasi batubara. Pemanfaatan batubara dalam bentuk lain ternyata tetap menyisakan masalah yang utama yaitu emisi CO<sub>2</sub>. Untuk itu diperlukan penangkapan dan penyimpanan dari CO<sub>2</sub> sehingga emisi CO<sub>2</sub> dapat dikurangi. Salah satu tempat penyimpanannya adalah dengan cara adsorpsi pada batubara (Bachu, 2008, 2007; Bachu et al., 2007).

Cara penyimpanan CO<sub>2</sub> pada batubara ini secara teknologi belum matang (IPCC, 2005), namun memiliki dua keuntungan utama jika terbukti berhasil yaitu yang pertama karena letaknya di sekitar banyak pembangkit listrik tenaga batu bara saat ini atau di masa depan,

sehingga dapat mengurangi biaya transportasi, dan yang kedua, akan menghasilkan gas metana batu bara (coalbed methane/CBM), yang merupakan bahan bakar fosil yang lebih bersih daripada batu bara. Gas metana tidak boleh dibuang karena merupakan gas rumah kaca yang lebih kuat daripada CO<sub>2</sub>. Dari berbagai opsi penyimpanan CO<sub>2</sub>, *enhanced hydrocarbon recovery* (EHR) memberikan keuntungan tambahan berupa produksi sumber daya energi tambahan baik itu minyak atau metana dari lapisan batubara; dengan demikian, EHR menjadi target yang menarik untuk inisiasi penyimpanan CO<sub>2</sub> dalam skala besar. Untuk itu perlu dilakukan penyelidikan mengenai kapasitas serap maksimum dari lapisan batubara yang ada.

Metode yang digunakan untuk melakukan penyelidikan mengenai kapasitas serap maksimum (*maximum storage capacity*) dari batubara adalah dengan melakukan analisis *adsorption isotherm* menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui berapa banyak gas yang akan teradsorpsi pada suhu dan tekanan tertentu. Hal ini dikarenakan hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi batubara sangat dipengaruhi oleh tekanan dan suhu (Adeboye and Bustin, 2013; Bustin and Clarkson, 1998; Clarkson and Bustin, 2000, 1999; Crosdale et al., 2008, 1998).

Hasil dari analisis *adsorption isotherm* kemudian di kombinasikan

dengan sumber daya batubara di daerah penyelidikan sehingga jumlah gas CO<sub>2</sub> yang dapat disimpan dapat diestimasi.

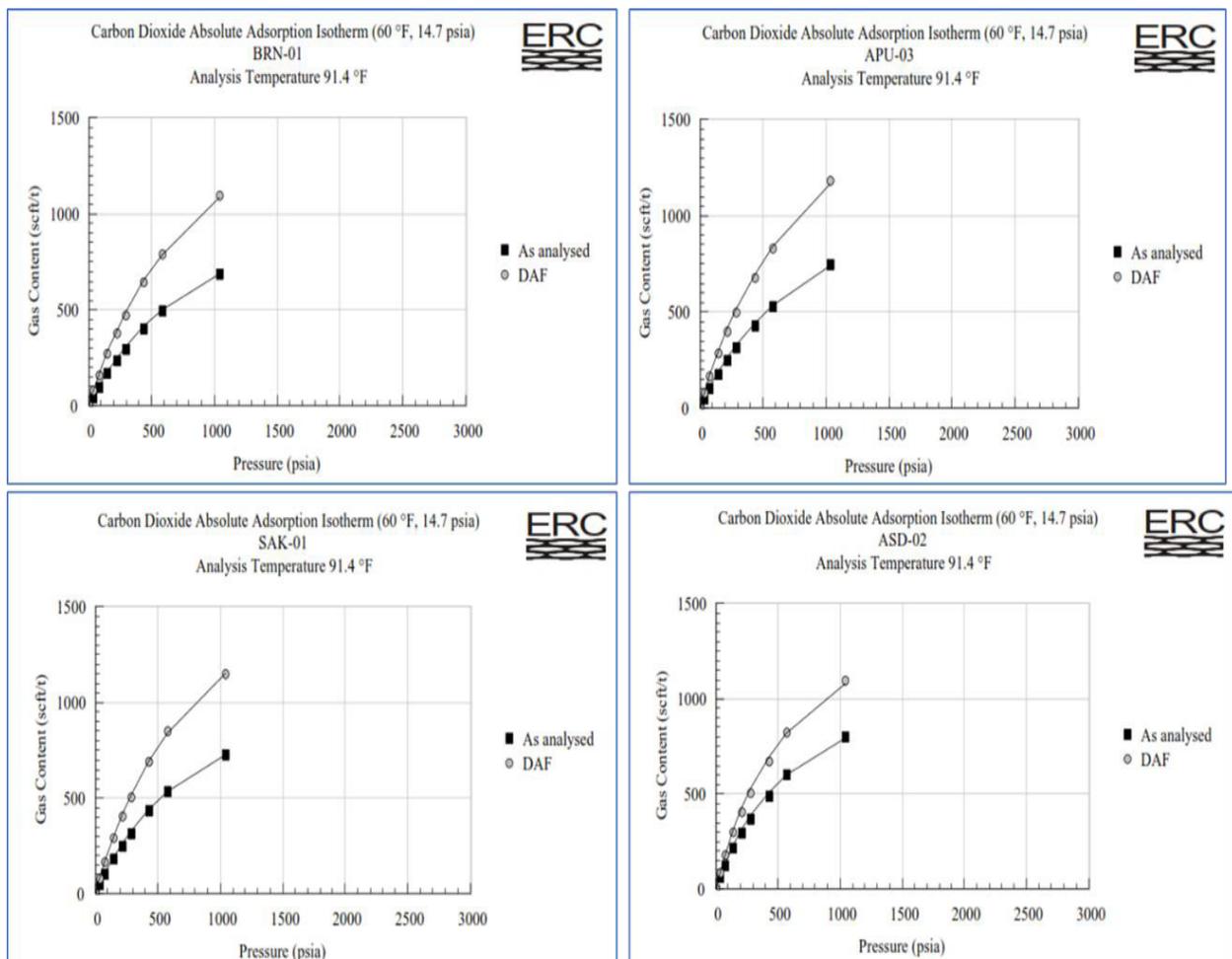
Analisis *adsorption isotherm* dilakukan oleh laboratorium Energy Resources Consulting Pty Ltd (ERC), Australia pada empat buah sampel batubara dari daerah penyelidikan. Empat sampel batubara ini dipilih mewakili seam yang ada di daerah penyelidikan. Sampel BRN 01 mewakili seam Mangus, APU 03 mewakili seam Benuang, SAK 01 mewakili seam Benakat/Babat, sedangkan ASD 02 mewakili seam Lematang. Sampel BRN 01 dan ASD 02 diambil di daerah sebelah utara daerah terpilih tapi masih dalam satu formasi. Gas yang dipergunakan dalam analisis *adsorption isotherm* adalah gas CO<sub>2</sub> dengan metode isotherm tipe I Langmuir.

Dalam analisis *adsorption isotherm* ini, tekanan maksimum yang dipakai pada 4 (empat) sampel batubara adalah 7,153 MPa. Suhu yang dipakai pada saat analisis adalah 33°C (Gambar 11). Suhu ini dipilih karena diperkirakan sesuai dengan suhu pada lapisan batubara di kedalaman yang cocok untuk penyimpanan gas CO<sub>2</sub> di daerah penyelidikan, yaitu di atas kedalaman 100 m. Selain itu, juga karena penyimpanan gas CO<sub>2</sub> ini erat kaitannya dengan *enhance coalbed methane* (ECBM) (Bachu et al., 2007). Jadi kedalaman yang dipilih disesuaikan dengan kedalaman lapisan batubara di Cekungan Sumatera Selatan yang dianggap prospek

kandungan gas metannya (Susilawati et al., 2015).

Hasil analisis *adsorption isotherm* menunjukkan bahwa kapasitas serap gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan basis *as received* (ar) relatif lebih rendah apabila dibandingkan dengan menggunakan basis *dry ash free* (daf) (Gambar 11; Tabel 5). Hal ini dimungkinkan karena basis ar masih mempertimbangkan kandungan air dalam sampel, sedangkan pada basis daf, kandungan air dan abu dihilangkan. Kandungan air dalam batubara dapat mempengaruhi kapasitas serap gas dalam

batubara (Crosdale et al., 2008). Sehingga apabila kandungan air dan kandungan abu dihilangkan (basis daf), maka kapasitas serap gasnya dapat lebih meningkat. Apabila kita ingin melihat kapasitas serap batubara berbanding dengan peringkatnya, maka basis daf paling cocok untuk dipakai. Akan tetapi, apabila kita ingin melihat karakteristik batubara sebagai reservoir, maka basis yang harus digunakan adalah *as received* (ar) karena batubara diperlakukan sebagaimana adanya di alam (Moore, 2012).



Gambar 11. Hasil *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> pada 4 sampel batubara di daerah penyelidikan

Tabel 5. Tabulasi hasil dari CO<sub>2</sub> adsorption isotherm dari batubara di daerah penyelidikan

No	Sampel	Pressure (Mpa, absolute)	Gas content (cc/g)		Pressure (psia)	Gas content (scf/t)	
			as analysed	daf		as analysed	daf
1	APU 03	0,246	1,71	2,69	36,00	54,00	85,00
		0,540	3,42	5,38	78,00	108,00	170,00
		1,011	5,85	9,18	147,00	185,00	290,00
		1,504	8,11	12,73	218,00	256,00	402,00
		1,994	10,17	15,96	289,00	321,00	504,00
		2,993	13,76	21,59	434,00	434,00	681,00
		4,002	16,83	26,42	580,00	531,00	834,00
		7,132	23,96	37,62	1.034,00	756,00	1.187,00
2	BRN 01	0,251	1,64	2,60	36,00	52,00	82,00
		0,548	3,26	5,15	80,00	103,00	163,00
		1,023	5,53	8,75	148,00	175,00	276,00
		1,518	7,63	12,07	220,00	241,00	381,00
		2,007	9,55	15,11	291,00	301,00	477,00
		3,006	12,90	20,40	436,00	407,00	644,00
		4,009	15,82	25,03	581,00	499,00	790,00
		7,153	22,04	34,87	1.037,00	696,00	1.101,00
3	SAK 01	0,248	1,72	2,72	36,00	54,00	86,00
		0,532	3,41	5,38	77,00	108,00	170,00
		1,002	5,89	9,28	145,00	186,00	293,00
		1,490	8,17	12,87	216,00	258,00	406,00
		1,965	10,23	16,10	285,00	323,00	508,00
		2,966	13,92	21,91	430,00	439,00	692,00
		3,971	17,11	26,94	576,00	540,00	850,00
		7,178	23,14	36,43	1.041,00	730,00	1.150,00
4	ASD 02	0,220	2,15	2,93	32,00	68,00	92,00
		0,495	4,18	5,68	72,00	132,00	179,00
		0,960	7,01	9,54	139,00	221,00	301,00
		1,452	9,55	13,00	211,00	302,00	410,00
		1,933	11,81	16,07	280,00	373,00	507,00
		2,940	15,76	21,45	426,00	498,00	677,00
		3,949	19,20	26,12	573,00	606,00	824,00
		7,162	25,57	34,79	1.039,00	807,00	1.098,00

Batubara di daerah penyelidikan memiliki peringkat lignit hingga subbituminous C (ASTM). Hasil modelling dari CRESS menunjukkan bahwa perlapisan batubara yang ada diperkirakan menerus hingga kedalaman lebih dari 300 m. Berdasarkan parameter-parameter tersebut, maka batubara daerah penyelidikan memiliki potensi sebagai

tempat penyimpanan gas CO<sub>2</sub> untuk *carbon capture storage* (CCS). Kedalaman *seam* batubara yang diusulkan adalah lapisan batubara yang memiliki kedalaman lebih dari 100 meter.

Menurut (Bachu, 2007), perhitungan potensi gas CO<sub>2</sub> yang dapat disimpan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IGIP = Ahn_c G_c (1 - f_a - f_m)$$

Dimana :

IGIP : *The initial gas in place*

A : Luas daerah dengan sebaran seam batubara

h : Ketebalan efektif batubara

$n_c$  : Berat jenis bulk batubara

$G_c$  : *Gas content* dari *adsorption isotherm*

$f_a$  : Kadar abu

$f_m$  : kadar air

Nilai IGIP ini dapat dianggap sebagai batas kapasitas simpan secara teoritis (*theoretical storage capacity*). Akan tetapi, dalam kenyataannya besarnya gas yang dapat disimpan tidak akan sama dengan nilai IGIP. Hal ini dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi seperti nilai permeabilitas, suhu dan tekanan reservoir. Untuk nilai kapasitas simpan yang lebih realistis, maka dianggap perlu untuk memasukan nilai faktor *recovery* ( $R_f$ ) dan *completion* (C). Sehingga persamaanya menjadi :

$$CO_2 \text{ Storage Capacity} = R_f \cdot C \cdot IGIP$$

Nilai dari  $R_f$  menunjukkan bagian gas yang dapat diproduksi dari suatu lapisan batubara. Dalam produksi gas metana batubara (GMB),  $R_f$  sangat bergantung pada turunnya tekanan akibat dari pemompaan (*coal dewatering*) dan berkisar antara 20% hingga 60% (van

Bergen dkk, dalam (Bachu, 2007). Penyimpanan CO<sub>2</sub> dalam batubara biasanya selalu berkaitan dengan produksi gas metan dari batubara. Hal ini dikarenakan CO<sub>2</sub> yang disimpan diasumsikan akan menggantikan gas metana yang dikeluarkan dari lapisan batubara. Dikarenakan afinitas CO<sub>2</sub> lebih besar dibandingkan dengan metana, maka kemungkinan nilai  $R_f$  akan meningkat lebih dari 60%. Sementara nilai C adalah perkiraan bagian dari ketebalan batubara kumulatif di dalam zona batubara yang dibor dan berkontribusi terhadap produksi gas. Hal ini sangat tergantung pada ketebalan individu dari lapisan batubara yang terpisah dan pada jarak di antara keduanya, dan nilai C lebih rendah untuk lapisan batubara yang tipis dibandingkan dengan lapisan batubara yang tebal. Sebagai contoh, Bachu (2007) menggunakan nilai C sebesar 40% dan nilai  $R_f$  sebesar 80% dalam mengkaji lapisan batubara untuk CCS di Kanada. Ini berarti, pada lapisan batubara dengan ketebalan 1 m, hanya 40% dari total ketebalan batubara, yaitu 0.4 m yang dapat menyimpan gas. Sisanya tidak dapat menyimpan gas kemungkinan karena permeabilitas dan porositas yang buruk. Selain itu, hanya 80% persen gas yang dapat disimpan dari total *maximum gas holding capacity* (didapat dari hasil adsorption isotherm) dalam lapisan batubara tersebut.

Dari hasil analisis adsorption isotherm, kita dapat memperkirakan CO<sub>2</sub> *gas content* pada kedalaman tertentu (*gas content = maximum gas holding capacity*). Hal ini dilakukan dengan mencari nilai tekanan pada kedalaman tersebut untuk nantinya dimasukan kedalam grafik *adsorption isotherm* pada Gambar 11 sehingga nilai *maximum gas holding capacity* dapat diketahui. Menurut Moore (2012), pada saat keadaan normal, gradient tekanan konstan (*constant pressure gradient*) pada reservoir dapat diasumsikan sebesar 0.98 MPa/100 m. Jika akan menentukan tekanan berdasarkan gradient tekanan konstan, maka perlu diingat bahwa kedalaman yang diambil adalah kedalaman dari muka air tanah bukan dari permukaan tanah. Muka air tanah di daerah penyelidikan adalah sekitar 30 m. Maka gradient tekanan konstan pada kedalaman 100 m adalah:

$$(100-30)/100 \text{ m} \times 0.98 = 0.686 \text{ MPa.}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari nilai gradient tekanan konstan pada kedalaman 200 m dan 300 m. Nilai tekanan dan nilai maximum gas content hasil plot pada grafik adsorption isotherm dengan basis *as receive* dapat dilihat pada Tabel 6.

Selanjutnya nilai IGIP dan nilai CO<sub>2</sub> *storage capacity* dapat dihitung dengan menambahkan parameter dari hasil

perhitungan sumber daya batubara. Untuk CO<sub>2</sub> *storage capacity* nilai R<sub>f</sub> memakai 20% dan 60% sama dengan gas metana, sedangkan nilai C menggunakan nilai 40% dan 60%. Sampel BRN 01 mewakili seam Mangus, APU 03 mewakili seam Benuang, SAK 01 mewakili seam Benakat/Babat, sedangkan ASD 02 mewakili seam Lematang. Untuk seam lematang, tidak muncul di blok Sekayu, maka CO<sub>2</sub> *storage capacity*-nya tidak dapat dihitung. Hasil perhitungan CO<sub>2</sub> *storage capacity* seam lainnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Seam yang dapat dihitung CO<sub>2</sub> *storage capacity* -nya ada tiga seam, yaitu seam Mangus, Benuang dan Benakat/Babat. Hal ini dikarenakan hanya seam-seam tersebut yang memiliki nilai hasil analisis CO<sub>2</sub> *adsorption isotherm*. Dengan menggunakan rumus diatas, total CO<sub>2</sub> *storage capacity* pada blok Sekayu untuk R<sub>f</sub> 20% dan C 40% adalah sebesar 84.7 juta scf, sementara untuk R<sub>f</sub> 60% dan C 60% adalah sebesar 381.3 juta scf.

Seam mangus memiliki CO<sub>2</sub> *storage capacity* paling besar. Hal ini dikarenakan selain dari seam mangus memiliki ketebalan terbesar, juga kedalaman batubaranya diperkirakan menerus hingga 400 m dari permukaan tanah asal. Total CO<sub>2</sub> *storage capacity* untuk seam Mangus dari kedalaman 100 - >300 m untuk R<sub>f</sub> 20% dan C 40% adalah 43 juta scf, sementara untuk R<sub>f</sub> 60% dan C 60% adalah 198 juta scf.

Tabel 6. Nilai CO<sub>2</sub> maximum gas content pada kedalaman 100, 200 dan 300 m

Kedalaman (m)	Tekanan (Mpa)	Max Gas Content (scf/t)			
		APU 03	SAK 01	BRN 01	ASD 02
100 m	0,686	131,179	132,416	122,978	165,478
200 m	1,666	271,583	278,737	254,962	327,115
300 m	2,646	395,579	405,040	370,735	465,605

Tabel 7. Hasil perhitungan IGIP dan CO<sub>2</sub> storage capacity

Lapisan/Seam	Kedalaman (m)	Gas Content (scf/t)	Sumber daya (t)	IGIP (scf)	CO <sub>2</sub> Storage Capacity (scf)	
					Rf 20%, C40%	Rf 60%, C 60%
Mangus	100-200	122,98	466.584	57.379.384,52	4.590.350,76	20.656.578,43
	200-300	254,96	572.565	145.982.577,87	11.678.606,23	52.553.728,03
	>300	370,74	939.549	348.323.860,65	27.865.908,85	125.396.589,83
Benuang	100-200	131,18	358.523	47.030.734,85	3.762.458,79	16.931.064,55
	200-300	271,58	259.030	70.348.134,30	5.627.850,74	25.325.328,35
	>300	395,58	221.764	87.725.252,04	7.018.020,16	31.581.090,73
Benakat/Babat	100-200	132,42	276.174	36.569.847,68	2.925.587,81	13.165.145,17
	200-300	278,74	256.581	71.518.688,85	5.721.495,11	25.746.727,99
	>300	405,04	479.420	194.184.279,03	15.534.742,32	69.906.340,45
<b>Total</b>			<b>3.830.190</b>	<b>1.059.062.759,79</b>	<b>84.725.020,78</b>	<b>381.262.593,53</b>

### Evaluasi Batubara untuk Material Maju: Grafena

Grafena pertama kali ditemukan tahun 2004 di Manchester Inggris oleh Profesor Andre Geim dan Profesor Kostya Novoselov. Keduanya mendapatkan Penghargaan Nobel di bidang fisika atas penemuannya setelah berhasil mengisolasi grafena ([www.graphene.manchester.co.uk](http://www.graphene.manchester.co.uk)). Dilihat dari strukturnya grafena mempunyai bentuk 2 dimensi sedangkan grafit mempunyai struktur 3 dimensi. Sebuah grafit tersusun atas lapisan-lapisan grafena (Gambar 12). Sebagai material maju, grafena memiliki karakter yang unik yang jarang dijumpai pada materi lainnya. Grafena memiliki sifat konduktivitas panas yang sangat baik (lebih tinggi dari berlian),

resistivitas listrik yang rendah (lebih rendah dari tembaga) dan mobilitas elektron sangat tinggi (lebih baik dari silikon). Selain itu, grafena juga sampai saat ini diyakini sebagai material terkuat di dunia yang sangat tipis, transparan dan *impermeable*.

Pada awal penemuannya, grafena diekstrak dari grafit. Untuk memisahkan grafit menjadi grafena maka diperlukan proses oksidasi yang dikenal dengan Metode Hummers (Gambar 13). Pada proses ini grafit yang digunakan dalam bentuk serbuk atau dikenal dengan grafit powder. Harga dari grafit powder ini cukup mahal sehingga beberapa peneliti mencari alternatif pengganti grafit.

Penelitian menunjukkan bahwa batubara dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti grafit untuk grafena. Ilmuwan mulai mengembangkan ekstraksi grafena dari batubara, dengan pertimbangan harga yang murah dan sumber daya berlimpah (Wu, *et al.*, 2012; Hoang, *et al.*, 2018; dan Kang, *et al.*, 2019). Batubara dapat menjadi sumber yang baik untuk menggantikan grafit karena strukturnya yang cukup kompleks, mengandung karbon kristalin berukuran angstrom atau nanometer dengan cacat (*defect*) yang dihubungkan oleh karbon alifatik. Ditinjau dari sisi kimia, batubara adalah padatan molekuler dengan struktur yang tidak sempurna, sedangkan grafit adalah karbon kristalin padat tanpa ikatan lemah sehingga proses eksfoliasi dapat dilakukan dengan lebih mudah. Eksfoliasi secara kimia adalah cara efektif untuk menghasilkan grafena dalam jumlah besar.

Hasil ekstraksi grafena dari batubara juga menghasilkan *grafena quantum dots* (GQDs), yaitu nanopartikel grafena dengan ukuran kurang dari 100 nm dengan beberapa lapisan atom, larut dalam air karena memiliki gugus oksigen dan hidrogen, dengan karakteristik rendah toksisitas dan fotoluminesen stabil. GQDs dapat digunakan untuk material biomedis, opto-elektronik dan berbagai aplikasi yang berhubungan dengan lingkungan dan energi. Hingga saat ini pembuatan atau ekstraksi grafena dari batubara baru dilakukan pada tahap laboratorium. Di

Indonesia sendiri belum ada industri yang bergerak untuk memproduksi grafena.

Lebih lanjut, penelitian dari Powel dan Beall (2015) menunjukkan bahwa batubara peringkat rendah berpotensi menjadi *grafena*. Cara yang dilakukan adalah melakukan ekstraksi terhadap batubara rendah tersebut menjadi asam humat. Setelah menjadi asam humat proses selanjutnya adalah ekstraksi menjadi *graphene oxide*, selanjutnya direduksi menjadi grafena. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan Analisis Raman *Spectroscopy* (Raman) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Selain dari melalui asam humat, terdapat beberapa metode ekstraksi grafena lainnya, yaitu metode hummers, proses sintesis dengan oksida asam mineral, ekstraksi grafena dari *coal tar pitch* (ctp), pengendapan uap kimia, penggunaan sinar laser dan teknologi ultrasonikasi (Oktaviani *et al.*, 2022).

Metode penelitian yang dipergunakan dalam penyelidikan ini adalah metode ultrasonikasi. Metode ini merupakan metode yang lebih efektif, lebih murah dan lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan metode Hummers. Teknologi ultrasonik sering digunakan untuk mensintesis nanomaterial. Perlakuan ultrasonik membentuk puluhan ribu gelembung kecil pada cairan menghasilkan gaya mekanis yang dapat menghancurkan ikatan C-C, sehingga membentuk Grafena dan GQDs. Proses ekstraksi grafena

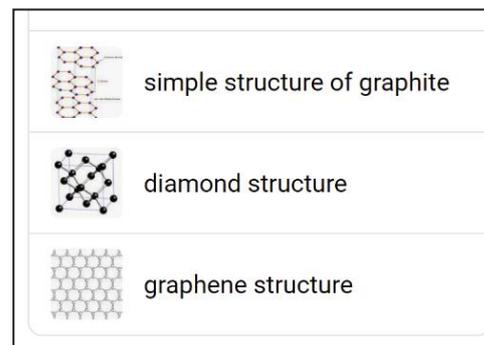
dilakukan di Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan menggunakan teknologi ultrasonikasi (Gambar 14).

Proses ultrasonikasi multi tahap dilakukan untuk mengekstrak dan mengeksfoliasi lapisan-lapisan grafit pada batubara sehingga membentuk *few layer* grafena (Gambar 15). Setelah diperoleh suspensi grafena dalam Isopropil Alkohol (IPA), suspensi ini kemudian di sentrifugasi 6000 rpm untuk memisahkan padatan yang tidak ikut membentuk suspensi. Supernatan dipisahkan, disaring untuk mendapatkan Grafena Quantum Dots (GQDs). Padatan ditambahkan lagi IPA, dilakukan ultrasonikasi kembali hingga terbentuk suspensi. Hal yang sama dilakukan sampai seluruh padatan membentuk suspensi. Lamanya proses berkisar antara 5-10 x 15 menit. Suspensi yang dihasilkan, dikumpulkan dimasukkan ke dalam *membrane dialysis tube* untuk menghasilkan GQDs.

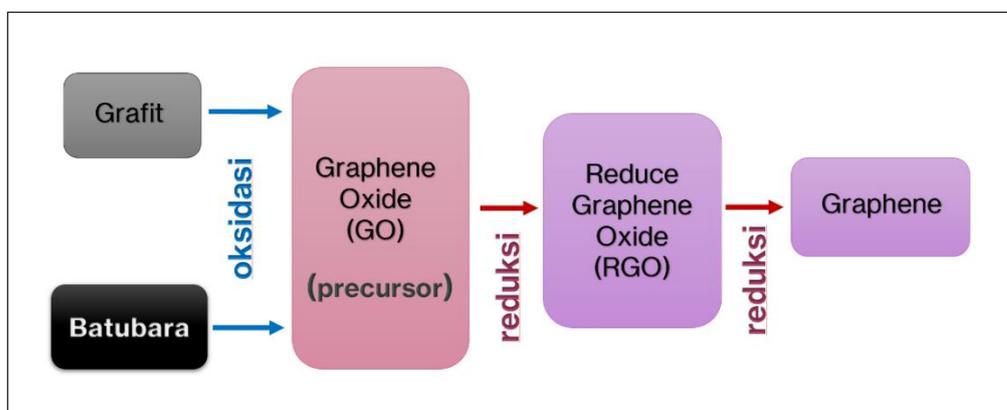
Dalam analisis laboratorium, dipergunakan 10 gram sampel batubara. Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa

grafena *multi layer* yang dihasilkan berkisar 8,0 – 8,9 gram Gs/rGO atau 80-89% (Tabel 8).

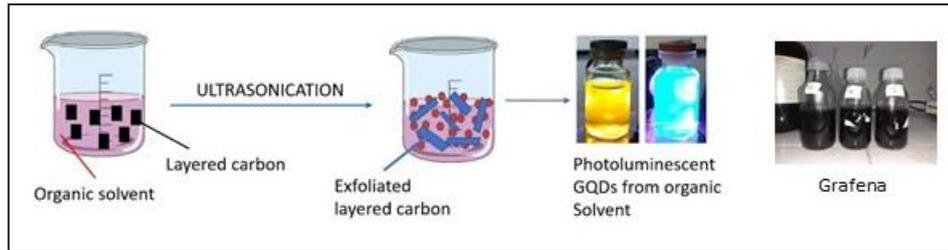
Berdasarkan hasil analisis, ekstraksi menggunakan ultrasonikasi multistahap dapat menghasilkan grafena *multi layer* (Gs), *reduced graphene oxide* (rGO) dan *graphena quantum dots* (GQDs) dari batubara dengan metode yang ramah lingkungan. Spektroskopi FTIR dan UV-Vis memastikan sintesis grafena dari batubara dalam bentuk grafena *multi layer* (Gs) atau rGO dan GQDs. Analisa XRD juga menunjukkan adanya GO dan rGO yang terbentuk. GQDs yang terbentuk memiliki warna yaitu kuning, hijau dan biru.



Gambar 12. Perbedaan antara struktur grafit, intan dan grafena (Wikipedia)



Gambar 13. Proses pembentukan grafit atau batubara menjadi grafena melalui proses kimia



Gambar 14. Prosedur ekstraksi grafena dan GQDs dengan ultrasonikasi



Gambar 15. Teknik ultrasonikasi berulang dan proses dialysis

Tabel 8. Hasil ekstraksi grafena dan GQDs dari sampel di daerah penyelidikan

No	Kode Sample	FC (%)	Quantity Gs/rGO (gram)	Quantity Gs terhadap jumlah sampel awal (%)	GQDs		
					pH	Conductivity (μS/cm)	Quantity (ppm)
1	ASD-01	40,11	8,40	84,00	6,00	1.145,00	587,00
2	ASD-02	40,93	8,90	89,00	6,00	1.152,00	549,00
3	CK-1	37,53	8,10	81,00	6,00	1.038,00	558,00
4	CK-03	37,06	8,90	89,00	6,00	1.063,00	563,00
5	APU-01	37,55	8,50	85,00	6,00	1.048,00	568,00
6	APU-02	41,72	8,40	84,00	6,00	1.102,00	589,00
7	APU-03	39,86	8,40	84,00	6,00	1.097,00	502,00
8	BRN-01	38,18	8,60	86,00	6,00	1.123,00	602,00
9	BRN-02	36,66	8,60	86,00	6,00	1.146,00	576,00
10	ASD-03	42,04	8,10	81,00	6,00	2.068,00	303,00
11	SR-01	40,48	8,20	82,00	6,00	2.059,00	312,00
12	SR-02	37,53	8,00	80,00	6,00	1.065,00	478,00
13	SAK-01	34,71	8,30	83,00	6,00	3.985,00	201,00
14	SAK-02	36,95	8,30	83,00	6,00	3.992,00	237,00

Keterangan:

- FC *Fixed carbon (% adb)*
- Gs *Grafena (multilayer)*
- GQDs *Grafena quantum dots*
- rGO *Grafene oxide*
- pH *Tingkat keasaman*

## **Evaluasi Batubara Daerah Penyelidikan untuk Agroindustri**

Batubara selain dimanfaatkan sebagai sumber energi dapat juga digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis industri, seperti industri pertanian, kesehatan maupun pertahanan keamanan. Salah satu kepentingan ekonomis strategis yang sekarang sedang dikembangkan dari batubara adalah pupuk yang dapat digunakan di sektor pertanian (agroindustri).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa batubara kalori rendah berpotensi mengandung asam humat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dalam industri pertanian (Demirba, 2002; Hai dan Mir, 1998; Nisar dan Mir, 1989; Rezki dkk, 2007; Sharif dkk, 2002). Sebagai negara agraris, kebutuhan pupuk di Indonesia cukup besar, akan tetapi sebagian besar masih diperoleh dari hasil impor (BPS, 2021). Oleh karena itu produksi asam humat dari batubara kalori rendah Indonesia dapat menjadi alternatif penyediaan pupuk dalam negeri untuk mengurangi impor. Selain itu produksi pupuk dari batubara ini juga akan meningkatkan nilai tambah batubara kalori rendah Indonesia.

Di Indonesia, kajian potensi asam humat sebagai bahan baku pupuk dari batubara telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Rezki dkk, (2007); Restina dkk (2014); dan Syafrullah, (2018). Hanya saja, kajian tersebut dilakukan tanpa

melihat karakteristik dari batubara yang digunakan. PSDMBP melakukan karakterisasi batubara untuk mendukung agroindustri, baik melalui kegiatan evaluasi maupun penyelidikan umum. Kegiatan ini dilakukan bekerjasama dengan Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan tujuan untuk mendapatkan data karakteristik batubara Indonesia yang dapat digunakan sebagai bahan baku asam humat termasuk metoda ekstraksi asam humat dari batubara. Melalui kegiatan penyelidikan umum, daerah penyelidikan di Kabupaten Musi Banyuasin memiliki batubara peringkat rendah sehingga berpotensi memiliki kandungan asam humat yang baik. Sampel batubara yang didapat dari hasil penyelidikan di lapangan, dikirimkan ke UGM untuk diekstraksi dan dianalisis kandungan asam humatnya.

Asam humat sendiri merupakan senyawa organik dengan berat molekul tinggi (sekitar 10.000-100.000 g/mol) serta memiliki struktur molekul yang kompleks. Senyawa humat terbentuk dan terakumulasi melalui proses dekomposisi, transformasi mikroorganisme, dan serangkaian reaksi geokimia (Ding, 2019). Asam humat mempunyai kandungan unsur C (40-80%), N (2-4%), P (0-0,3), S (1-2%) serta mudah larut dalam suasana basa, memiliki aplikasi yang luas dalam bidang pertanian, peternakan, kosmetik dan lainnya. Asam humat dapat berperan sebagai ligan yang dapat mengikat unsur nitrogen sebagai unsur hara dalam tanah

serta mampu melepaskannya ketika tanaman membutuhkan unsur tersebut (Hermanto dkk., 2013). Asam humat juga mampu meningkatkan sifat tanah yang meliputi aerasi, agregasi, permeabilitas, kapasitas menahan air, transport dan ketersediaan mikronutrien (Tan, 2003). Dengan karakteristik yang dimiliki, penambahan asam humat sebagai bahan campuran pupuk akan sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman.

Metode yang digunakan untuk mengekstrak asam humat dari batubara secara umum terdiri dari ekstraksi menggunakan alkali, kemudian meninggalkan residu padatan yang dibentuk oleh humin dan material anorganik. Setelah itu, dilakukan presipitasi dengan melakukan pengasaman pada hasil ekstrak tersebut menggunakan larutan asam, sehingga menghasilkan asam humat dan meninggalkan asam fulvat dalam larutan.

Prosedur ekstraksi asam humat dari batubara secara umum dapat dilihat pada Gambar 16. Proses ekstraksi dilakukan di Universitas Gajah Mada (UGM), Yogyakarta.

Berdasarkan hasil analisis, *yield* ekstraksi senyawa humat (asam humat dan asam fulvat) yang dihasilkan cukup bervariasi. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 30°C dan 65°C. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses ekstraksi pada suhu 65°C memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan proses ekstraksi

pada suhu 30°C (Gambar 17). Nilai *yield* senyawa humat untuk proses ekstraksi pada suhu 30°C berkisar antara 9 – 33%, sementara untuk proses ekstraksi dengan suhu 65°C berkisar antara 13 – 54%. Ini menunjukkan bahwa suhu pada saat ekstraksi merupakan hal yang harus diperhatikan.

Sementara untuk *yield* asam humat, hasil analisis menunjukkan nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan asam fulvat (Tabel 10). Nilai terendah dimiliki oleh sampel ASD-01A dengan *yield* 6% dan tertinggi berada pada sampel SAK-01B dengan *yield* 34% (Gambar 17).

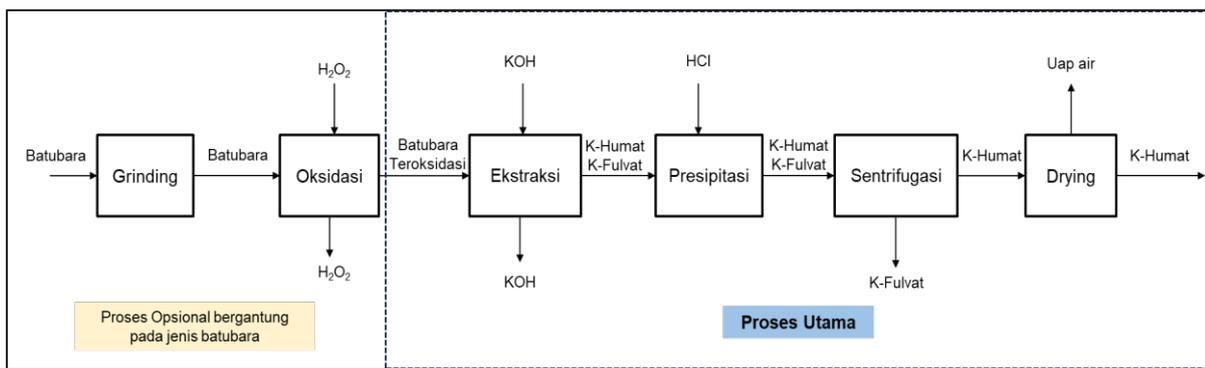
Untuk mengetahui hubungan antara *yield* asam humat dengan parameter proksimat, ultimat dan nilai kalori (cv), dilakukan analisis statistik menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Data *yield* asam humat dengan parameter proksimat dan ultimat diploting menggunakan *PCA Plot*.

Hasil *PCA Plot* pada kondisi operasi suhu 65°C menunjukkan bahwa *yield* asam humat memiliki korelasi positif dengan parameter *volatile matter* (vm), hidrogen dan nilai kalori (cv). Hal ini ditunjukkan dengan posisi dan kedekatan dari parameter tersebut terhadap asam humat (Gambar 18). Lebih lanjut, korelasi antara *yield* asam humat dengan cv, meskipun menunjukkan korelasi positif namun tidak sedekat korelasi antara *yield* asam humat dengan vm. Hal ini berbeda dengan hasil

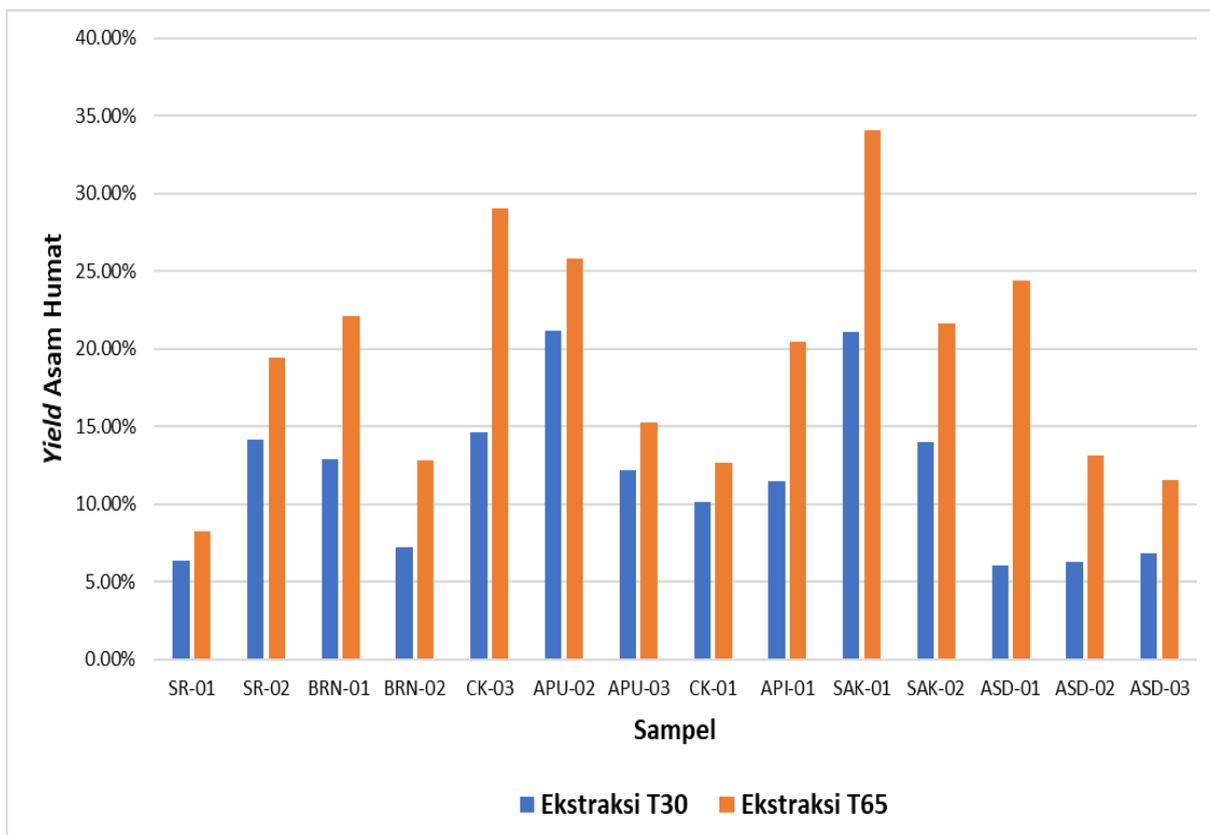
penyelidikan (Dwitama et al., 2021) yang menunjukkan bahwa nilai cv memiliki korelasi positif yang sangat baik dengan *yield* asam humat.

Sementara itu, kandungan *ash*, *fixed carbon* (FC) dan sulfur (TS) justru menunjukkan korelasi negatif terhadap

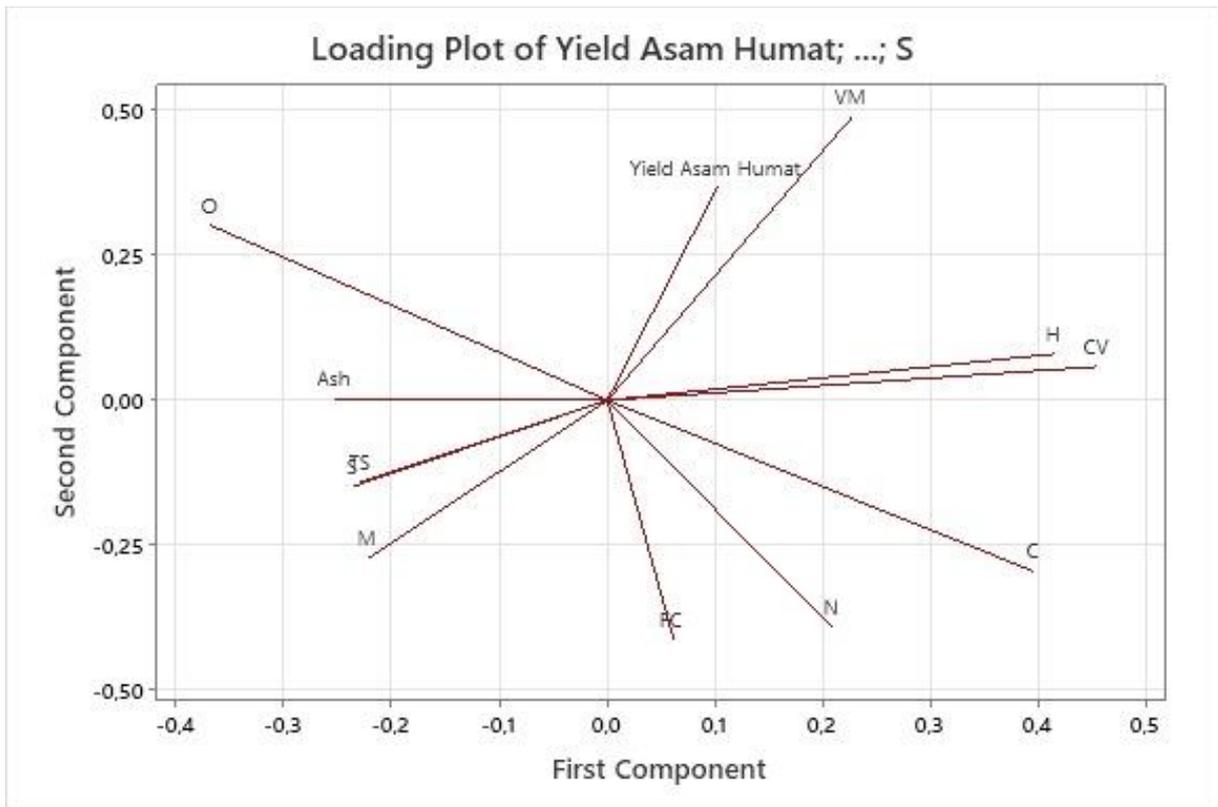
*yield* asam humat. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan *ash* dan kandungan sulfur merupakan material inorganik yang dapat menjadi pengotor pada batubara sehingga menurunkan proporsi senyawa humat.



Gambar 16. Diagram alir proses ekstraksi asam humat dari batubara



Gambar 17. Perbandingan *yield* asam humat pada sampel batubara di daerah penyelidikan pada suhu 30°C (T30) dan suhu 65°C (T65)



**Gambar 18.** Hasil analisis PCA yang menunjukkan bahwa yield asam humat pada suhu 65°C memiliki korelasi positif dengan volatile matter (VM), hydrogen (H) dan nilai kalori (CV)

## Kasimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian di atas, kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan penyelidikan umum adalah sebagai berikut :

1. Formasi pembawa batubara yang terdapat di daerah penyelidikan merupakan Formasi Muaraenim berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen. Seam yang muncul di daerah penyelidikan adalah Seam Mangus, Burung, Benuang, Kebon dan Benakat. Lapisan batubara dari Formasi Muaraenim secara megaskopis mempunyai warna hitam kecoklatan hingga hitam, kilap agak terang hingga kusam, mengotori tangan, gores-garis coklat, keras, *brittle*, *cleat* terlihat jelas, setempat struktur kayu masih terlihat.
2. Kegiatan pemetaan geologi permukaan mendapatkan sejumlah 13 singkapan batubara dengan ketebalan antara 1 hingga 15 m dengan arah jurus pelapisan baratlaut – tenggara.
3. Berdasarkan hasil analisis kimia, fisika dan petrografi organik, batubara di daerah penyelidikan termasuk peringkat lignit hingga subbituminous C (ASTM).
4. Berdasarkan hasil modelling yang dilakukan dengan menggunakan CRESS, potensi sumber daya batubara permukaan dengan kedalaman < 100

meter adalah sebesar 0.69 juta ton dengan klasifikasi inventori tereka. Sedangkan untuk batubara dengan kedalaman > 100 m, nilai inventori tereka adalah sebesar 4.88 juta ton. Total keseluruhan inventori tereka di daerah eksplorasi blok Sekayu adalah sebesar 5.57 juta ton.

5. Apabila digunakan sebagai tempat untuk menyimpan gas CO<sub>2</sub> (*carbon capture and storage*, CCS), pada kedalaman lebih dari 100 m dari permukaan tanah asal, jumlah kandungan gas CO<sub>2</sub> yang dapat disimpan pada blok Sekayu untuk Rf 20% dan C 40% adalah sebesar 84.7 juta scf, sementara untuk rf 60% dan C 60% adalah sebesar 381.3 juta scf.
6. Untuk pembuatan grapena dan *graphene quntum dots* (GQDs), dari empat belas sampel batubara daerah penyelidikan menunjukkan bahwa dengan metodologi ekstraksi menggunakan ultrasonikasi multistap, dapat menghasilkan grafena (Gs), *reduced graphene oxide* (rGO) dan *graphena quantum dots* (GQDs). Spektroskopi FTIR dan UV-Vis memastikan sintesis grafena dari batubara dalam bentuk grafena (Gs) atau rGO dan GQDs. Analisis XRD juga menunjukkan adanya GO dan rGO yang terbentuk. GQDs yang terbentuk memiliki warna yaitu kuning, hijau dan biru.

7. Untuk asam humat, batubara di daerah penyelidikan memiliki *yield* ekstraksi senyawa humat (asam humat dan asam fulvat) yang cukup bervariasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses ekstraksi pada suhu 65°C memiliki nilai *yield* asam humat yang lebih besar dibandingkan dengan proses ekstraksi pada suhu 30°C. Nilai *yield* senyawa humat untuk proses ekstraksi pada suhu 30°C berkisar antara 9 – 33%, sementara untuk proses ekstraksi dengan suhu 65°C berkisar antara 13 – 54%. Ini menunjukkan bahwa suhu pada saat ekstraksi merupakan hal yang harus diperhatikan. Sementara itu, *yield* asam humat menunjukkan nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan asam fulvat. Nilai terendah dimiliki oleh sampel ASD-01A dengan *yield* 6% dan tertinggi berada pada sampel SAK-01B dengan *yield* 34%. Dengan minimum *yield* asam humat yang baik adalah 20%, maka tidak semua batubara di daerah penyelidikan baik untuk dikembangkan asam humatnya.

### Saran

Berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan umum dan pemodelan dengan menggunakan CRESS, secara umum pelamparan *seam* batubara mempunyai ketebalan dan kemenerusan yang relatif baik. Untuk itu diperlukan tindak lanjut untuk tahapan eksplorasi selanjutnya

dalam rangka mengidentifikasi dan mengungkap seluruh potensi batubara khususnya di Blok Sekayu. Terlebih apabila di blok tersebut akan digunakan sebagai tempat untuk CCS. Perlu dilakukan pemboran dalam untuk mengetahui sumber daya gas methane yang ada dalam seam batubara secara lebih pasti dengan

menggunakan metoda *desorption*. Hal ini dikarenakan secara teori, gas CO<sub>2</sub> yang nantinya akan disimpan merupakan pengganti dari gas methane yang ada. Sehingga apabila diketahui berapa banyak gas methane yang ada, maka dapat diperkirakan berapa banyak gas CO<sub>2</sub> yang dapat disimpan dalam perlapisan tersebut

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeboye, O.O., Bustin, R.M., 2013. Variation of gas flow properties in coal with probe gas, composition and fabric: Examples from western Canadian sedimentary basin. *Int J Coal Geol* 108, 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.06.015>
- Bachu, S., 2008. CO<sub>2</sub> storage in geological media: Role, means, status and barriers to deployment. *Prog Energy Combust Sci*. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2007.10.001>
- Bachu, S., 2007. Carbon dioxide storage capacity in uneconomic coal beds in Alberta, Canada: Methodology, potential and site identification. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 1, 374–385. [https://doi.org/10.1016/S1750-5836\(07\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S1750-5836(07)00070-9)
- Bachu, S., Bonijoly, D., Bradshaw, J., Burruss, R., Holloway, S., Christensen, N.P., Mathiassen, O.M., 2007. CO<sub>2</sub> storage capacity estimation: Methodology and gaps. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 1, 430–443. [https://doi.org/10.1016/S1750-5836\(07\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S1750-5836(07)00086-2)
- Bishop, M.G., 2001. South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar-Cenozoic Total Petroleum System. USGS Open File Report 99-50-S 22.
- BSN, 2019. Pedoman pelaporan hasil eksplorasi , sumber daya , dan cadangan Batubara. Badan Standarisasi Nasional.
- Bustin, R.M., Clarkson, C.R., 1998. Geological controls on coalbed methane reservoir capacity and gas content. *Int J Coal Geol* 38, 3–26. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(98\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(98)00030-5)
- Clarkson, C.R., Bustin, R.M., 2000. Binary gas adsorption/desorption isotherms: Effect of moisture and coal composition upon carbon dioxide selectivity over methane. *Int J Coal Geol* 42, 241–271. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(99\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(99)00032-4)

- Clarkson, C.R., Bustin, R.M., 1999. The effect of pore structure and gas pressure upon the transport properties of coal: a laboratory and modeling study. 2. Adsorption rate modeling. *Fuel* 78, 1345–1362. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(99\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(99)00056-3)
- Crosdale, P.J., Beamish, B.B., Valix, M., 1998. Coalbed methane sorption related to coal composition. *Int J Coal Geol* 35, 147–158. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(97\)00015-3](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(97)00015-3)
- Crosdale, P.J., Moore, T. a., Mares, T.E., 2008. Influence of moisture content and temperature on methane adsorption isotherm analysis for coals from a low-rank, biogenically-sourced gas reservoir. *Int J Coal Geol* 76, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2008.04.004>
- Darman, H., Sidi, F.H. (Eds.), 2000. *An Outline of the Geology of Indonesia*. Indonesian Association of Geologists, Jakarta.
- Dwitama, E.P., Pinandita, M.A., Ulfa, R.M., Cahyono, E.B., Fatimah, Oktaviani, P., DII, 2021. *Laporan Akhir Karakterisasi batubara untuk mendukung program hilirisasi batubara indonesia (metalurgi, ucg dan pnt)*. Bandung.
- IPCC, 2005. *Carbon dioxide capture and storage*, Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1016/bs.ache.2021.10.005>
- Moore, T.A., 2012. Coalbed methane: A review. *Int J Coal Geol* 101, 36–81. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2012.05.011>
- Mukhopadhyay, P.K., 1994. Vitrinite Reflectance as Maturity Parameter. *Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter* 570, 1–24. <https://doi.org/doi:10.1021/bk-1994-0570.ch001>
- Oktaviani, P., Suhada, D.I., Fatimah, Widhiyatna, D., Miswanto, A., Simatupang, D.P., Ibrahim, M.A., Sina, I., Dkk, 2022. *Laporan Akhir Karakterisasi Batubara untuk Pengembangan Material maju, Biobriket dan Agroindustri*. Bandung.
- PSDG, 2014. *Data CRESS Sumatera dan Kalimantan*. Bandung.
- Susilawati, S.S.R., Triono, U., Tjahyono, E.B., Wibisono, S.A., Siregar, H.E., 2015. *Potensi Coalbed Methane (CBM) di Indonesia*, 1st ed. Pusat Sumber DayaGeologi - Badan Geologi, Bandung.
- Thomas, L., 2020. *Coal Geology*, Third Edit. ed. Wiley Blackwell.

**EKSPLORASI PENDAHULUAN PENYELIDIKAN UMUM BATUBARA  
DAERAH NAPAL PUTIH KABUPATEN BENGKULU UTARA  
PROVINSI BENGKULU**

**Robet L. Tobing, Feddi Ervianna, Rizki S. Rachman, Ibnu Sina, dan Ujang Rustandi**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

**SARI**

Secara geologi daerah penyelidikan berada pada Cekungan Bengkulu. Cekungan Bengkulu termasuk cekungan *frontier* yang merupakan salah satu cekungan muka busur (*fore arc basin*). Tatanan stratigrafi daerah penyelidikan tersusun oleh batuan sedimen berumur Tersier dan batuan vulkanik gunungapi Andesit Basal berumur Kuartar.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sungai Penuh dan Ketaun, formasi pembawa batubara di daerah penyelidikan adalah Formasi Lemau dan Formasi Bintunan. Secara megaskopis batubara yang ditemukan berwarna hitam, kusam - terang, gores garis hitam - hitam kecoklatan, keras, masif, *blocky*. Dari pemetaan geologi dan pembuatan sumuran/parit uji ditemukan 5 (lima) lokasi singkapan batubara dengan ketebalan berkisar 0,7 – 4,0 meter.

Hasil interpretasi data lapangan, endapan batubara yang ditemukan terdiri dari 5 (lima) lapisan batubara dengan nilai kalori berkisar 5.604 – 6.226 kal/gr. Estimasi potensi batubara dalam jumlah minimal sebesar 2.945.200 ton dan jumlah maksimal sebesar 5.890.401 ton dengan kategori target eksplorasi.

**PENDAHULUAN**

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama di Indonesia. Kebijakan tentang energi nasional hingga tahun 2025 menempatkan batubara sebagai sumber energi terbesar dengan persentase 30%. Pengungkapan potensi sumber daya batubara salah satunya dilakukan melalui kegiatan eksplorasi batubara.

Sejalan dengan tugas dan fungsinya, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi pada Tahun

Anggaran 2023 melakukan kegiatan Eksplorasi Pendahuluan Penyelidikan Batubara di Daerah Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Pemilihan daerah ini dilakukan untuk pengembangan kawasan wilayah prospek batubara di Kabupaten Bengkulu Utara pada sektor energi batubara.

Kegiatan penyelidikan umum batubara di fokuskan di lokasi *green area* (daerah hijau dan/atau belum memiliki data singkapan batubara) dan berada pada formasi pembawa batubara.

## Maksud dan Tujuan

Kegiatan penyelidikan umum batubara dimaksudkan untuk memperoleh informasi tentang penyebaran, kualitas dan kuantitas endapan batubara di daerah Napal Putih dan sekitarnya melalui pemetaan geologi permukaan.

Tujuan dilakukannya kegiatan ini adalah untuk mengetahui potensi batubara di Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu, serta potensi pengembangan dan pemanfaatannya lebih lanjut.

## Lokasi dan Keadaan Lingkungan

Pusat pemerintahan kabupaten Bengkulu Utara terletak di Arga Makmur. Secara geografis daerah penyelidikan berada pada koordinat  $101^{\circ}40' - 101^{\circ}55'$  BT dan  $3^{\circ}0' - 3^{\circ}15'$  LS dengan luas wilayah  $769,42 \text{ km}^2$ .

Kondisi geografi sebagian berupa dataran dengan ketinggian berkisar 10 - 150 meter dari permukaan laut (dpl) yang terdapat di bagian barat membujur searah pantai dari selatan ke utara. Di bagian timur kondisi daerahnya berbukit-bukit dengan ketinggian 541 mdpl (sumber: Kabupaten Bengkulu Utara Dalam Angka, BPS – Kab. Bengkulu Utara, 2023).

## Indikasi Endapan Batubara

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sungai Penuh dan Ketaun, Sumatra (Kusnama, dkk., 1992), formasi pembawa batubara di daerah penyelidikan adalah Formasi Lemau dan Formasi Bintunan.

## METODE PENYELIDIKAN

### Kegiatan Lapangan

Kegiatan lapangan dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan dengan rincian sebagai berikut:

- ✓ Mencari lokasi singkapan-singkapan batubara dan batuan sedimen lainnya dan merekam koordinatnya dengan alat GPS (*global positioning system*).
- ✓ Mengukur arah jurus, kemiringan, ketebalan lapisan batubara.
- ✓ Pengambilan sampel batubara untuk keperluan analisis laboratorium.
- ✓ Mengamati aspek-aspek geologi lainnya seperti stratigrafi dan struktur geologi.
- ✓ Morfologi daerah penyelidikan diperoleh dari hasil kompilasi data hasil pengamatan morfologi lapangan dan interpretasi peta topografi dan *digital elevation model (DEM)*.

### Analisis Laboratorium

Analisis sampel batubara di laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik Batubara di daerah penyelidikan.

Analisis proksimat dan ultimat dilakukan untuk mengetahui kelembaban (*moisture content*), zat terbang (*volatile matter*), kandungan abu (*ash content*) dan kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) serta kandungan unsur-unsur C, H, N, S, O. Selain analisis proksimat dan ultimat juga dilakukan analisis nilai kalori (*CV/calorific value*), berat jenis (*SC/specific gravity*),

indeks kekerasan (*hardgroove grindability index*) dan analisis sifat metalurgi FSI (*free swelling index*), analisis petrografi organik (berupa analisis nilai reflektansi vitrinit/derajat kematangan), analisis komposisi maseral serta analisis komposisi mineral (lempung, oksida besi, pirit, dll).

### Pengolahan Data

Data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah untuk menghasilkan laporan akhir berupa rekomendasi potensi batubara di daerah penyelidikan beserta peta - peta pendukungnya.

## GEOLOGI DAERAH PENYELIDIKAN

### Morfologi

Daerah penyelidikan secara umum dicirikan oleh satuan morfologi pedataran dan perbukitan bergelombang rendah. Satuan morfologi pedataran (Gambar 1) umumnya menempati sekitar 60% daerah penyelidikan, berada di bagian selatan, baratdaya hingga baratlaut. Satuan morfologi pedataran ini disusun oleh endapan sedimen dari batuan Gunungapi Andesit, batuan Formasi Bintunan dan batuan Formasi Lemau. Morfologi satuan ini diperkirakan memiliki ketinggian berkisar 50 - 100 meter di atas permukaan laut.

Satuan morfologi perbukitan bergelombang rendah berada di bagian

utara, timurlaut hingga bagian timur (Gambar 2). Satuan morfologi ini menempati sekitar 40% daerah penyelidikan, tersusun oleh endapan batuan sedimen dari Formasi Seblat dan Formasi Hulusimpang. Satuan morfologi ini diperkirakan memiliki ketinggian berkisar 100 - 300 meter di atas permukaan laut.



**Gambar 1.** Satuan morfologi pedataran



**Gambar 2.** Satuan morfologi perbukitan

Daerah penyelidikan dialiri oleh sungai-sungai kecil, yaitu Sungai Lelangi, Sungai Susang, Sungai Simau, Sungai Sawah, Sungai Santan, Sungai Sebajur, Sungai Urai dan Sungai Lintas. Sungai-sungai tersebut mengalir dari arah utara menuju sungai utama yaitu Sungai Seblat dan Sungai Ketaun. Sungai-sungai kecil tersebut umumnya mengalir menuju sungai utama dengan pola aliran paralel. Sungai Seblat dan Sungai Ketaun mengalir dari arah timurlaut ke arah baratdaya dan bermuara di Samudera Hindia.

## Stratigrafi

Daerah penyelidikan tersusun oleh batuan sedimen berumur Tersier dan batuan vulkanik gunungapi Andesit Basal berumur Kuartar. Tatanan stratigrafi daerah penyelidikan dari batuan berumur tua ke muda (Gambar 4) adalah sebagai berikut:

- ✓ Formasi Hulusimpang (Tomh), diperkirakan berumur Oligosen, tersusun oleh lava, breksi gunungapi dan tufa terubah, bersusun andesit, basal. Tebal formasi ini diperkirakan 700 meter.
- ✓ Formasi Seblat (Toms) diperkirakan berumur Oligosen, tersusun oleh batupasir, konglomerat, selang-seling serpih gampingan dengan batugamping, batulanau, batulempung gampingan dan batupasir. Formasi ini menjemari dengan Formasi Hulusimpang. Tebal formasi ini diperkirakan 600 meter.
- ✓ Formasi Lemau (Tml), diperkirakan berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir. Formasi ini terendapkan secara tidakselaras di atas Formasi Seblat dan Formasi Hulusimpang. Formasi Lemau tersusun oleh breksi, tufa dasit, batupasir, batubara, batulempung dan batupasir gampingan. Tebal formasi ini diperkirakan 400 meter.
- ✓ Formasi Bintunan (QTb) diperkirakan berumur Plistosen. Formasi ini tersusun oleh konglomerat aneka bahan, batupasir berbatuapung dan batulanau,

batulempung, sisipan lignit dan batugamping. Ketebalan formasi ini diperkirakan 250 meter.

- ✓ Batuan Gunungapi Andesit-Basal (Qv) diperkirakan berumur Plistosen Akhir – Holosen Akhir, tersusun oleh lava bersusunan andesit-basal, tufa dan breksi lahar.

## Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah struktur lipatan dan sesar geser menganan. Struktur lipatan berupa struktur sinklin dan antiklin. Sumbu lipatan memiliki arah relatif baratlaut - tenggara dengan kemiringan berkisar  $6^{\circ}$  -  $34^{\circ}$ , batuan yang terlipatkan berada pada Formasi Seblat. Sesar geser menganan memiliki arah relatif utara-selatan. Batuan yang mengalami pensesaran berada pada Formasi Seblat dan Formasi Hulusimpang.

## DATA dan PEMBAHASAN

### Data

Berdasarkan data hasil penyelidikan dilapangan ditemukan beberapa lokasi singkapan batubara dan batuan lain. Data singkapan batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

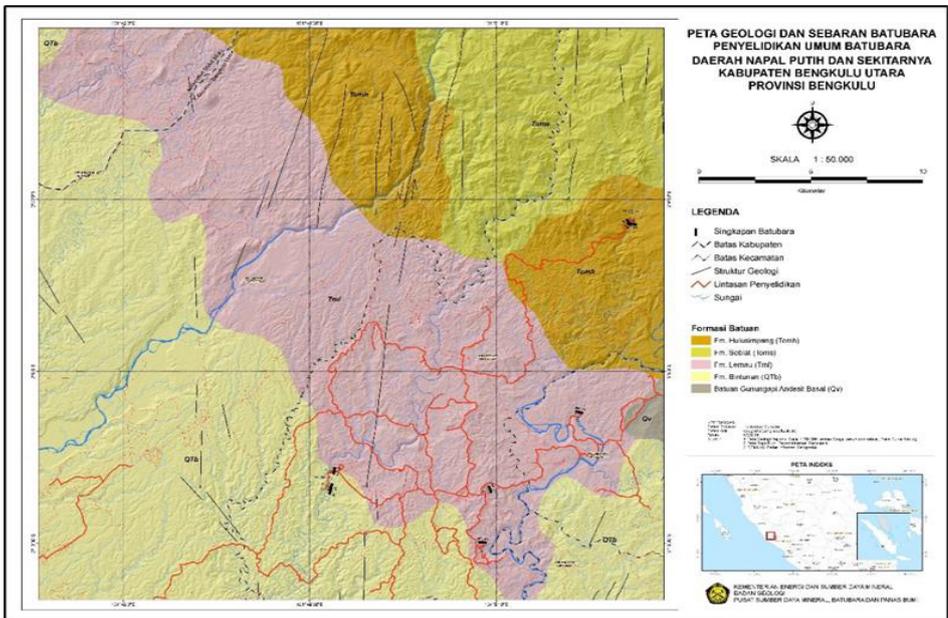
- ✓ Singkapan *shaly coal* dengan notasi NP-05 terdapat di anak sungai Simau Desa Muara Santan (Gambar 5). Secara megaskopis *shaly coal* dilokasi ini berwarna hitam, kusam, gores hitam

- kecoklatan, kekerasan sedang, rapuh, berlapis, laminasi, mengandung sulfur, terdapat sisipan batulempung dengan tebal 3 cm. Bagian atas lapisan *shaly coal* secara gradasi ditutupi batulempung berwarna abu-abu terang dan di bagian bawah bergradasi dengan batulempung berwarna abu-abu terang. Tebal lapisan diperkirakan lebih dari 2,0 meter dengan kedudukan lapisan N336°E /11°.
- ✓ Singkapan *shaly coal* dengan notasi NP-06 terdapat di area perusahaan kayu PT. API Desa Muara Santan (Gambar 5). Secara megaskopis *shaly coal* dilokasi ini berwarna hitam, terang, gores hitam kecoklatan, keras, getas, berlapis, laminasi. Bagian atas lapisan batubara bergradasi dengan batulempung berwarna abu-abu kecoklatan dan di bagian bawah bergradasi dengan batulempung berwarna abu-abu terang. Tebal lapisan diperkirakan lebih dari 6,0 meter dengan kedudukan lapisan N270°E /6°.
  - ✓ Singkapan Batubara dengan notasi NP-13 terdapat di perkebunan penduduk Desa Bukit Berlian (Gambar 6). Secara megaskopis batubara dilokasi ini berwarna hitam, kusam, gores hitam kecoklatan, keras, masif, *blocky*. Di bagian atas lapisan batubara kontak gradasi dengan batulempung karbonan dan di bagian bawah lapisan batubara kontak tidak terlihat. Tebal lapisan batubara diperkirakan lebih dari 1,0 meter dengan kedudukan lapisan N160°E /5°.
  - ✓ Singkapan batubara dengan notasi NP-14 terdapat di lantai sungai Lalangi Desa Tanjung Dalam (Gambar 6). Secara megaskopis batubara dilokasi ini berwarna hitam, kusam, gores hitam kecoklatan, keras, masif, *blocky*. Di bagian atas lapisan batubara kontak gradasi dengan batulempung berwarna abu-abu terang dan di bagian bawah lapisan batubara kontak tidak terlihat. Tebal lapisan batubara diperkirakan 0,70 meter dengan kedudukan lapisan N190°E /11°.
  - ✓ Singkapan batubara dengan notasi NP-15 terdapat di perkebunan penduduk Desa Tanjung Dalam (Gambar 6). Secara megaskopis batubara dilokasi ini berwarna hitam, mengkilap, gores hitam, keras. Di bagian atas lapisan batubara kontak gradasi dengan batulempung berwarna abu-abu terang dan di bagian bawah lapisan batubara tidak terlihat. Tebal lapisan batubara diperkirakan lebih dari 3,0 meter dengan kedudukan lapisan N200°E /6°.
  - ✓ Singkapan batubara dengan notasi NP-16 terdapat di dinding sungai Lalangi Desa Tanjung Dalam (Gambar 7). Secara megaskopis batubara di lokasi ini berwarna hitam, kusam, berlembar, gores hitam kecoklatan, keras. Setempat terdapat sisipan batulempung setebal 4 cm. Di bagian atas lapisan batubara kontak gradasi dengan

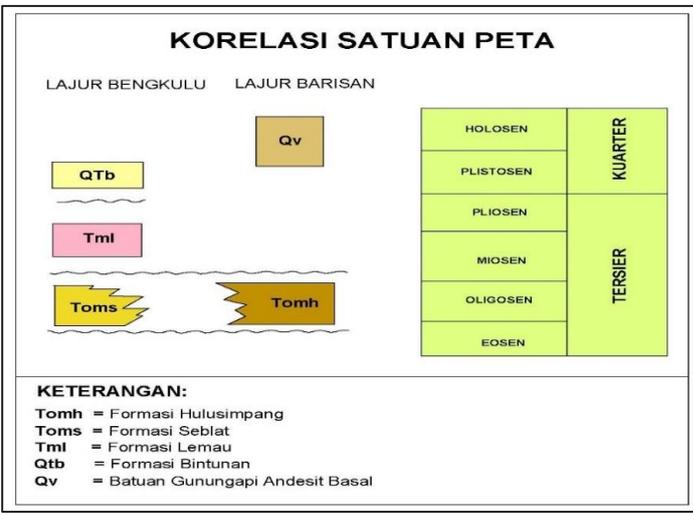
batulempung berwarna abu-abu gelap dan di bagian bawah lapisan batubara tidak terlihat. Tebal lapisan Batubara diperkirakan 4,0 meter dengan kedudukan lapisan N195°E /5°.

- ✓ Singkapan batubara dengan notasi NP-20 terdapat di dinding tebing perkebunan penduduk Desa Tanjung Alai (Gambar 7). Secara megaskopis batubara dilokasi ini berwarna hitam,

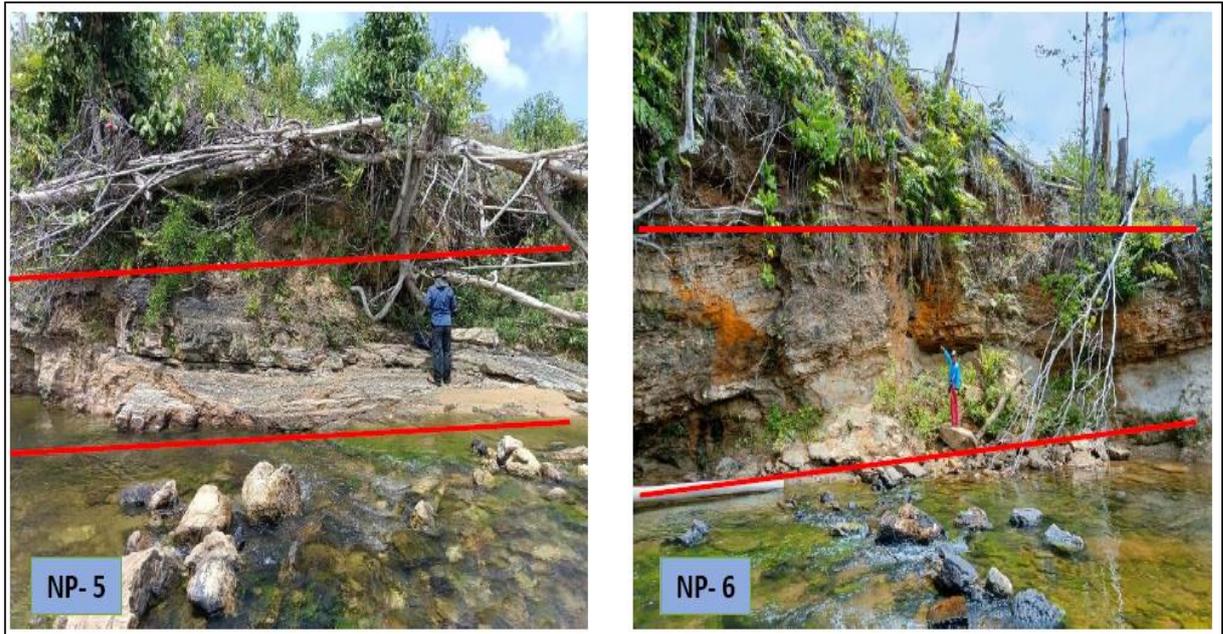
agak mengkilap, gores garis hitam, *blocky*, keras, masif, struktur *cleat*. Di bagian atas lapisan batubara kontak gradasi dengan batulempung karbonan dan di bagian bawah lapisan batubara kontak tidak terlihat. Tebal lapisan batubara diperkirakan lebih dari 4,0 meter dengan kedudukan lapisan N95°E /34°.



Gambar 3. Peta geologi daerah penyelidikan (modifikasi dari Kusnana, dkk.,1992)



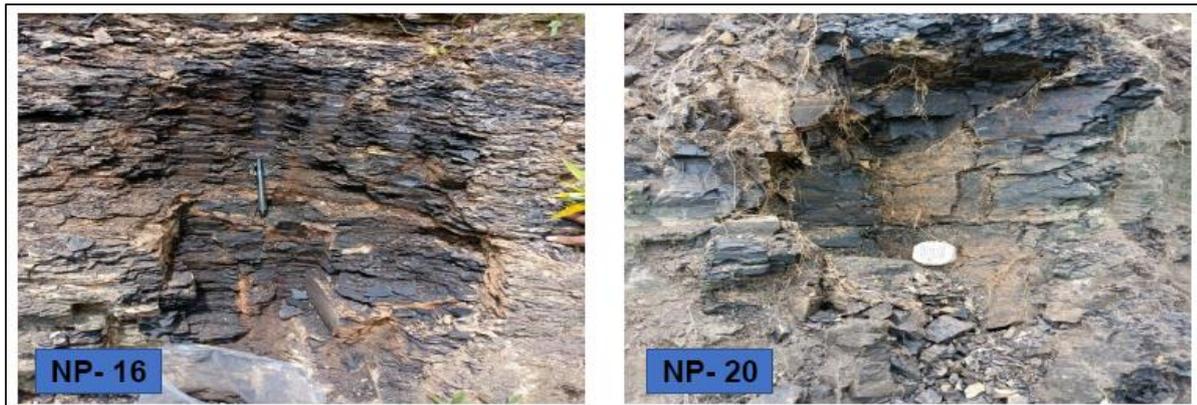
Gambar 4. Stratigrafi daerah penyelidikan (modifikasi dari Kusnana, dkk.,1992)



Gambar 5. Singkapan *shaly coal* dengan notasi NP-05 dan NP-06



Gambar 6. Singkapan batubara notasi NP-13, NP-14 dan NP-15



Gambar 7. Singkapan batubara notasi NP-16 dan NP-20

## PEMBAHASAN

### Potensi batubara

Kuantitas batubara yang terdapat pada daerah penyelidikan diestimasi dengan mengacu pada SNI 5015; 2019 tentang Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara. Mengacu pada SNI tersebut, data kuantitas batubara hasil penyelidikan PSDMBP tidak dapat diklasifikasikan sebagai sumber daya karena belum mengalami penilaian prospek beralasan untuk diusahakan secara komersial.

Kegiatan survei dan penyelidikan yang dilakukan oleh PSDMBP merupakan kegiatan inventarisasi data potensi sumber daya batubara nasional yang menghasilkan data kuantitas batubara dengan klasifikasi:

✓ Batubara inventori, jika data yang dimiliki memiliki tingkat keyakinan geologi yang tinggi (terdapat data sumur uji/parit uji/pengeboran), memenuhi jarak dan kerapatan titik pengamatan berdasarkan kompleksitas geologi tertentu serta dapat diinterpretasi

kemenerusan atau korelasi data lapisan batubaranya.

✓ Target eksplorasi, jika data batubara yang dimiliki memiliki tingkat keyakinan geologi yang rendah (data berasal dari pemetaan batubara dengan jumlah singkapan terbatas, data titik pengamatan berdiri sendiri atau belum dapat diinterpretasikan kemenerusan lapisan batubaranya, serta tidak ada titik pengamatan kearah down dip.

Estimasi kuantitas batubara dalam penyelidikan ini diperoleh dari data lapangan (Tabel 1) dan data laboratorium (Tabel 2 s/d Tabel 4). Data lapangan yang diperlukan untuk mengetahui jumlah batubara adalah tebal, kemiringan dan panjang sebaran lapisan batubara, sedangkan data laboratorium yang diperlukan adalah berat jenis batubara.

Estimasi kuantitas batubara di daerah penyelidikan dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

✓ Tebal minimal lapisan batubara yang dihitung adalah 0,5 meter.

- ✓ Panjang sebaran batubara ke arah jurus dibatasi dengan radius 250 – 500 meter dari singkapan paling akhir.
- ✓ Lebar yang dihitung ke arah kemiringan dibatasi sampai kedalaman kedalaman 50 meter. Rumus untuk menghitung lebar adalah  $L = 50/\sin \alpha$  ( $L$  = lebar, 50 = batas kedalaman yang dihitung,  $\alpha$  = besar sudut kemiringan lapisan batubara).
- ✓ Berat jenis yang dipergunakan dalam penghitungan sumber daya adalah berat jenis rata-rata dari masing masing blok.

**Estimasi Kuantitas Batubara = {[Panjang (m) x Lebar (m) x Tebal (m)] x Berat Jenis (ton/m<sup>3</sup>)}**

Estimasi kuantitas batubara dilakukan menggunakan persamaan di atas dengan jumlah titik pengamatan terbatas dan belum dapat diintegrasikan kemenerusan lapisan batubaranya, sehingga memiliki tingkat keyakinan geologi yang rendah. Dari hasil penghitungan jumlah batubara di daerah penyelidikan, maka jumlah batubara daerah penyelidikan dikategorikan sebagai target eskplorasi dengan jumlah minimal batubara sebesar 2.945.200 ton dan jumlah maksimal sebesar 5.890.401 ton (Tabel 4).

### **Prospek Pemanfaatan dan Pengembangan Batubara**

Berdasarkan data hasil analisis laboratorium sampel batubara menunjukkan bahwa batubara di daerah penyelidikan merupakan batubara kalori rendah dengan berperingkat Lignit (*Stach, et., al., 1982*; dalam sertifikat hasil analisis laboratorium, PSDMBP, 2023) dengan nilai kalori berkisar 5.604 – 6.226 kal/gr (adb).

Terdapat satu sampel batubara dengan notasi NP-13 dengan dip/kemiringan relatif berarah barat. Lapisan batubara ini berbatasan di bagian paling timur dengan wilayah konsesi PT. Bara Adhipratama. Diperkirakan arah *down dip* batubara di lokasi ini berada di wilayah konsesi tersebut, sehingga batubara yang ditemukan tidak dilakukan penghitungan potensi batubaranya.

Sebanyak dua sampel dengan notasi NP-05 dan NP-06 dikategorikan sebagai *shaly coal* dengan nilai kalori 2.217 kal/gr (adb) dan 2.585 kal/gr (adb) dengan kadar abu sebesar 55,06% dan 58,68%. Nilai kalori sampel ini sangat rendah sedangkan kadar abu yang dimiliki cukup tinggi, sehingga penghitungan potensinya dilakukan secara terpisah dengan batubara yang memiliki nilai kalori 5.604 hingga 6.226 kal/gr (adb).

Hasil analisis FSI (*free swelling index*) sampel batubara di daerah penyelidikan tidak memiliki nilai *swelling index* (nihil), maka batubara di daerah Napal Putih tidak dapat dijadikan batubara kokas. Secara umum, nilai FSI minimum

batubara kokas adalah 3,5 sedangkan menurut Australian Standard AS 2.519 (93) batubara kokas yang diharapkan memiliki nilai FSI minimum 4. Untuk batubara dengan nilai FSI rendah (<3,5) dapat dijadikan PCI (*pulverized coal injection*) atau untuk *blending* agar menghasilkan nilai kekuatan *coking* yang optimal, sedangkan untuk batubara dengan kalori rendah/ peringkat rendah dapat dialokasikan untuk proses gasifikasi batubara pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pencairan batubara atau peningkatan peringkat batubara.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Dari uraian di atas, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

- ✓ Endapan batubara di daerah penyelidikan ditemukan pada Formasi Bintutan dan Formasi Lemau.
- ✓ Di daerah penyelidikan ditemukan 5 (lima) singkapan batubara dan di beri notasi NP-13, NP-14, NP-15, NP-16 dan NP-20.
- ✓ Penafsiran dari data lapangan, baik berdasarkan singkapan batubara maupun dari aspek geologi lainnya diperkirakan endapan batubara pada Formasi Bintutan memiliki 3 (tiga) lapisan batubara, sedangkan pada Formasi Lemau terdiri dari 2 (dua) lapisan.
- ✓ Lapisan batubara di lokasi penyelidikan di bagi dalam dua blok, yaitu Blok

Tanjungdalam ditemukan 3 (tiga) lapisan batubara dan diberi notasi seam NP-14, seam NP-15 dan seam NP-16 serta Blok Tanjungalai diberi notasi seam NP-13 dan seam NP-20.

- ✓ Nilai kalori batubara di daerah penyelidikan berkisar 5.604 – 6.226 kal/gr (adb).
- ✓ Jumlah batubara sebagai target eksplorasi pada Blok Tanjungdalam dengan jumlah minimal batubara sebesar 2.760.116 ton dan jumlah maksimal 5.520.229 ton; Blok Tanjungalai dengan jumlah minimal batubara sebesar 185.085 ton dan jumlah maksimal 370.172 ton.
- ✓ Kuantitas total batubara di daerah penyelidikan jumlah minimal batubara sebesar 2.945.200 ton dan jumlah maksimal sebesar 5.890.401 ton dengan kategori target eksplorasi.

### **Saran**

Wilayah Potensi (WP) batubara. Blok Tanjungdalam dan Blok Tanjungalai perlu dilakukan penyelidikan prospeksi dengan pengeboran untuk mendapatkan data ketebalan dan sebaran yang lebih akurat.

Endapan *shaly coal* yang ditemukan di bagian utara daerah penyelidikan (Kecamatan Muara Santan) juga perlu dilakukan penyelidikan lebih rinci untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang keberadaan endapan batubaranya.

Tabel 1. Data singkapan batubara dan batuan lain di daerah penyelidikan

No.	Kode Sampel	Lintang Selatan			Bujur Timur			Strike	Dip	Tebal (meter)	Desa	Keterangan
		(...°)	(')	(")	(...°)	(')	(")					
1	NP-01	3	10	11.30	101	52	58.50	285	15	0,20	Kinal Jaya	Carbonaceous shale
2	NP-02	3.0	6.0	7.60	101	52	24.60	-	-	-	Muara Santan	Batulanau
3	NP-03	3	6	7.80	101	53	2.00	-	-	-	Muara Santan	Konglomerat
4	NP-04	3	6	6.90	101	53	2.00	-	-	-	Muara Santan	Batulanau
5	NP-05	3	5	3.20	101	54	17.40	336	11	>2,0	Muara Santan	Shaly coal
6	NP-06	3	5	2.20	101	54	14.60	270	6	>6,0	Muara Santan	Shaly coal
7	NP-07	3	5	1.90	101	54	19.40	285	10	>1,0	Muara Santan	Coaly shale
8	NP-08	3	5	43.00	101	52	10.40	-	-	-	Bukit Berlian	Batulempung
9	NP-09	3	7	57.20	101	50	42.50	-	-	-	Bukit Berlian	Konglomerat
10	NP-10	3	7	23.30	101	50	48.00	-	-	-	Bukit Berlian	Batulempung karbonan
11	NP-11	3	7	54.70	101	50	41.40	-	-	-	Bukit Berlian	Batulempung karbonan
12	NP-12	3	9	7.20	101	54	39.20	-	-	-	Bukit Berlian	Batulempung
13	NP-13	3	12	7.85	101	50	43.84	160	5	1,0	Bukit Berlian	Batubara
14	NP-14	3	11	34.50	101	46	58.00	190	11	0,7	Tanjung Dalam	Batubara
15	NP-15	3	11	59.10	101	46	53.60	200	6	>3,0	Tanjung Dalam	Batubara
16	NP-16	3	12	6.00	101	46	52.80	195	5	>4	Tanjung Dalam	Batubara
17	NP-17	3	14	46.60	101	47	57.60	-	-	-	Pagardin	Batulempung
18	NP-18	3	10	12.90	101	47	20.70	-	-	-	Tanjung Dalam	Batulempung Karbonan
19	NP-19	3	11	31.70	101	48	17.40	-	-	-	Tanjung Dalam	Perselingan Batulempung dan Batulanau
20	NP-20	3	13	36.40	101	50	39.50	95	34	>3,0	Tanjung Alai	Batubara
21	NP-21	3	12	6.31	101	53	29.72	-	-	-	Tanjung Kemenyan	Batulanau
22	NP-22	3	12	11.21	101	53	51.69	-	-	-	Tanjung Kemenyan	Batulanau
23	NP-23	3	11	18.30	101	52	58.99	186	11	-	Tanjung Kemenyan	Batulanau
24	NP-24	3	12	4.00	101	49	25.73	156	20	-	Bukit Berlian	Batulanau
25	NP-25	3	11	43.53	101	49	24.91	175	5	-	Tanjung Dalam	Batulanau sisipan Batulempung karbonan
26	NP-26	3	10	27.31	101	50	8.65	-	-	-	Bukit Berlian	Batulanau
27	NP-27	3	11	9.99	101	49	18.27	50	10	-	Tanjung Dalam	Perselingan Batulanau & Batupasir
28	NP-28	3	10	54.31	101	49	20.68	300	10	-	Tanjung Dalam	Batulanau
29	NP-29	3	10	32.13	101	49	49.99	-	-	-	Bukit Sari	Batulanau
30	NP-30	3	9	36.48	101	49	40.72	228	8	-	Bukit Sari	Batulanau
31	NP-31	3	9	3.77	101	49	36.42	-	-	-	Bukit Sari	Batulanau
32	NP-32	3	9	42.92	101	49	30.96	-	-	-	Bukit Sari	Batulanau
33	NP-33	3	8	44.66	101	49	11.84	-	-	-	Tanjung Sari	Batulanau
34	NP-34	3	8	56.30	101	49	39.85	-	-	-	Tanjung Sari	Batulanau
35	NP-35	3	9	17.86	101	50	15.12	-	-	-	Tanjung Harapan	Batulanau
36	NP-36	3	10	23.11	101	48	58.76	-	-	-	Tanjung Dalam	Batupasir Halus sisipan Kalsit
37	NP-37	3	10	9.83	101	48	15.66	-	-	-	Tanjung Dalam	Perselingan Batulanau & Batupasir
38	NP-38	3	10	13.57	101	47	24.60	-	-	-	Tanjung Dalam	Batupasir Halus
39	NP-39	3	8	55.56	101	47	7.45	-	-	-	Tanjung Dalam	Batupasir Halus
40	NP-40	3	7	49.06	101	48	3.95	-	-	-	Tanjung Dalam	Batulanau
41	NP-41	3	8	7.61	101	48	0.67	-	-	-	Tanjung Dalam	Batulanau
42	NP-42	3	8	24.22	101	48	4.25	-	-	-	Tanjung Dalam	Batulanau

**Tabel 2.** Data hasil analisis proksimat dan ultimat batubara daerah penyelidikan

Analisis	Satuan	Basis	Kode Sampel									
			NP-01	NP-05	NP-06	NP-07	NP-13	NP-14	NP-15	NP-16	NP-20	
Kadar Air Bebas	%	ar	25,21	18,19	5,24	22,08	25,99	20,57	25,23	25,01	24,27	
Kadar Air Total	%	ar	31,91	24,93	9,62	27,10	34,21	27,05	31,35	33,67	30,56	
PROKSIMAT	Kadar Air	%	adb	8,96	7,33	4,62	6,45	11,11	8,15	8,19	11,55	8,30
	Kadar Zat Terbang	%	adb	16,85	20,58	17,35	18,62	44,01	39,93	43,25	47,46	46,32
	Kadar Abu	%	adb	66,02	55,06	58,68	60,44	8,34	16,75	12,29	7,06	7,89
	Karbon Tertambat	%	adb	8,17	17,03	19,36	14,49	36,54	35,17	36,27	34,10	37,49
Total Sulfur	%	adb	3,96	1,75	1,39	2,67	1,32	3,93	0,91	0,23	0,30	
Nilai Kalori	kal/gr	adb	1003	2217	2585	1970	5843	5604	5905	5871	6226	
Relative Density	-	-	2,14	1,93	1,89	2,00	1,39	1,45	1,40	1,37	1,37	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	51,42	63,14	67,32	62,87	75,07	74,42	76,41	75,07	77,34
	Kadar Hidrogen	%	daf	3,81	4,36	3,61	4,53	5,60	6,18	6,05	6,01	6,16
	Kadar Nitrogen	%	daf	0,96	1,54	1,75	1,51	1,15	1,32	1,26	1,24	1,23
	Total Sulfur (Ultimat)	%	daf	15,83	4,65	1,17	8,06	1,63	5,23	1,14	0,28	0,36
	Kadar Oksigen	%	daf	27,99	26,31	22,52	23,03	16,55	12,86	15,14	17,40	14,91
HGI	-	-	83	62	83	67	42	50	65	52	65	
Swelling Index	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabel 3.** Data hasil analisis petrografi organik batubara daerah penyelidikan

No.	No. Analisis	Kode Sampel	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Litologi	Mean	Kisaran (%)	Standard Deviasi	N	Komposisi			Material		
						Reeflektan				Maserat (%)			Mineral (%)		
						Vitrinit				V	I	L	Clay	OB	Py
						(%Rv random)									
1	20210201135	NP-01	24	67	CS	0,43	0,39 - 0,52	0,03	30	32,2	0,8	0,2	61,6	-	5,2
2	20210201136	NP-05	24	67	SHC	0,48	0,45 - 0,56	0,03	30	65,4	3,4	1,6	23,8	0,8	5,0
3	20210201137	NP-06	24	68	SHC	0,45	0,40 - 0,52	0,03	30	67,6	2,2	-	25,6	-	4,6
4	20210201138	NP-07	24	68	CSH	0,39	0,35 - 0,46	0,03	30	43,8	1,2	1,0	49,2	-	4,8
5	20210201139	NP-13	24	68	BB	0,35	0,30 - 0,40	0,03	30	70,2	15,6	9,8	2,8	-	1,6
6	20210201140	NP-14	23	65	BB	0,35	0,31 - 0,41	0,02	30	58,0	11,4	18,6	4,2	-	7,8
7	20210201141	NP-15	23	65	BB	0,36	0,31 - 0,43	0,03	30	72,4	13,4	7,8	5,8	-	0,6
8	20210201142	NP-16	23	63	BB	0,35	0,30 - 0,41	0,02	30	67,4	18,8	7,6	5,8	-	0,4
9	20210201143	NP-20	23	63	BB	0,36	0,31 - 0,41	0,03	30	67,2	12,4	11,4	8,0	0,2	0,8

Keterangan:

BB = Batubara	V = Vitrinit	OB = Oksida besi
CSH = Coaly shale	I = Inertinit	Py = Pirit
SHC = Shaly coal	L = Liptinit	N = Jumlah Pengukuran
CS = Carbonaceous shale	Clay = Mineral Lempung	

**Tabel 4.** Penghitungan target eksplorasi batubara di daerah penyelidikan dengan nilai kalori berkisar 5.604 – 6.226 kal/gr (adb)

Formasi	Blok	Kode	Panjang (m)		Lebar	Tebal	Target Eksplorasi (ton)		
		Lapisan	Min	Maks	(m)	(m)		(ton/m³)	Min
Bintunan	Tanjungdalam	NP-14	500	1000	262	0,7	1,41	129.324	258.648
		NP-15	500	1000	478	3	1,41	1.011.962	2.023.923
		NP-16	500	1000	574	4	1,41	1.618.829	3.237.658
<b>Jumlah Batubara Blok Tanjungdalam</b>							<b>2.760.115</b>	<b>5.520.229</b>	
Formasi	Blok	Kode	Panjang (m)		Lebar	Tebal	Target Eksplorasi (ton)		
		Lapisan	Min	Maks	(m)	(m)		(ton/m³)	Min
Lemau	Tanjungalai	NP-20	500	1000	89	3	1,38	185.085	370.172
<b>Jumlah Batubara Blok Tanjungalai</b>							<b>185.085</b>	<b>370.172</b>	
<b>Total Batubara Blok Tanjungdalam + Blok Tanjungalai:</b>							<b>2.945.200</b>	<b>5.890.401</b>	

**Tabel 5.** Penghitungan target eksplorasi *shaly coal* di daerah penyelidikan dengan nilai kalori 2.217 kal/gr dan 2.585 kal/gr (adb)

Formasi	Blok	Kode	Panjang (m)		Lebar	Tebal		Target Eksplorasi (ton)	
		Lapisan	Min	Maks	(m)	(m)		(ton/m <sup>3</sup> )	Min
Lemau	Muarasantan	NP-05	500	1000	262	2	1,99	521.488	1.042.977
		NP-06	500	1000	478	6	1,99	2.856.459	5.712.919
<b>Jumlah Shaly coal Blok Muarasantan</b>								<b>3.377.948</b>	<b>6.755.895</b>

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2023; *Kabupaten Bengkulu Utara Dalam Angka*, BPS – Kab. Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu.
- Hidayat. R, dkk., 2019, *Eksplorasi Umum Batubara Di Daerah Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu, Provinsi Bengkulu*, PSDMBP, Bandung.
- Kusnama. R, Pardede. S, Andi Mangga, Sidarto, 1992; *Peta Geologi Lembar Sungaipenuh dan Ketaun, Sumatra sekala 1:250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.



## EKSPLORASI PENDAHULUAN PROSPEKSI GAMBUT UNTUK *CARBON STORAGE* KABUPATEN MEMPAWAH, PROVINSI KALIMANTAN BARAT

Muhammad Arief Pinandita<sup>1</sup>, Sigit A. Wibisono<sup>1</sup>, Hans Elmaury A. Siregar<sup>1</sup>,  
Sandi Rukhmat<sup>1</sup>, dan Uju Darsita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara,

<sup>2</sup>Kelompok Kerja Pelayanan Sarana Penyelidikan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Gambut Untuk *Carbon Storage* Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui sebaran dan ketebalan endapan gambut secara lebih rinci dan mengetahui estimasi kandungan karbon (*carbon storage*) pada endapan gambut daerah prospeksi, sehingga dapat dipertimbangkan dalam tahap kegiatan eksplorasi selanjutnya serta melengkapi data dan neraca sumber daya gambut nasional. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi permukaan, pengeboran dangkal dan pengambilan data geofisika berupa *Ground Penetrating Radar* (GPR). Daerah prospeksi dilakukan pada Cekungan Gambut Masupin yang merupakan daerah tindak lanjut dari kegiatan survei tinjau pada tahun 2022. Terdapat 50 data titik pengukuran dan 29 titik diantaranya diambil sampel gambut untuk analisis laboratorium. Berdasarkan hasil analisis laboratorium sampel gambut daerah prospeksi, diketahui bahwa *total moisture* (TM) berkisar antara 85,13% - 94,93% (ar), *fixed carbon* memiliki rentang antara 25,25% - 37,7% (adb) dan nilai reflektan vitrinit berkisar antara 0,13% - 0,26%. Berdasarkan hasil analisis *total organic carbon* (TOC), dapat diketahui bahwa kandungan karbon organik (kolom TOC) secara umum memiliki rentang nilai yang relatif cukup kecil, berkisar antara 45,09% hingga 58,37% dengan nilai rata-rata dari 29 sampel yang dianalisis adalah 53,21%. Hasil perhitungan sumber daya endapan gambut pada Cekungan Masupin adalah sebesar 98.380.039 ton dan nilai potensi karbon (kandungan karbon) pada Cekungan Gambut Masupin adalah minimum 44,36 juta ton dan maksimum 57,42 juta ton.

**Kata kunci:** Gambut, Karbon, *Total Organic Carbon*, Mempawah, Sumber daya, *Ground Penetrating Radar*

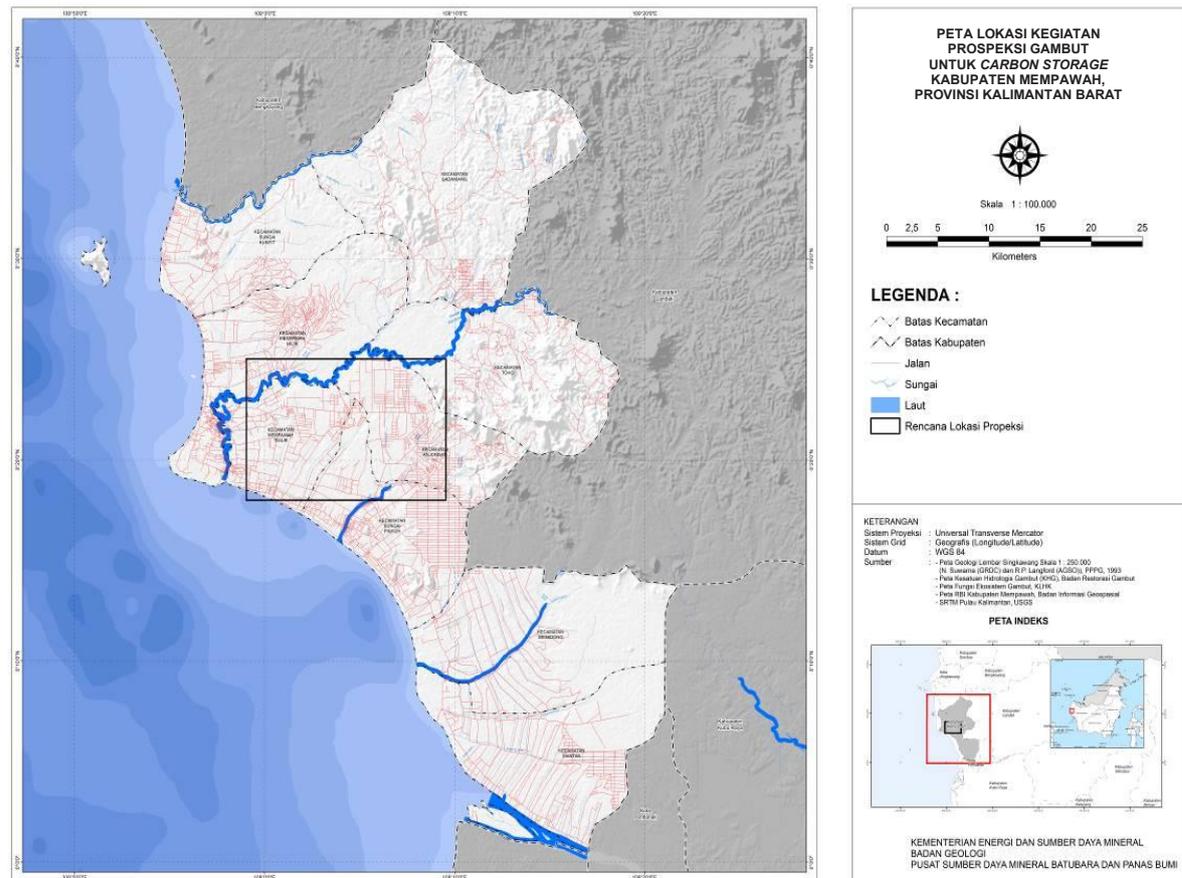
## **PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki wilayah lahan gambut yang begitu luas dan terdistribusi secara merata di pulau Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi dengan luas total sebesar 24.667.804 Ha (*Renstra Tahun 2020-2024, DPKG-DJPPKL, KLHK*). Lahan gambut merupakan tempat penyimpanan karbon (*carbon sink*) dan merupakan regulator lingkungan yang vital. Dalam perspektif lingkungan terkait *Green Houses Gases* (GHG), lahan gambut dapat dikategorikan sebagai lahan penting sebagai penyangga kesetimbangan lingkungan bumi. Tergantung dari lokasi geografi, iklim dan kondisi lokal, gambut dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan GHG, tapi bisa juga merupakan sumber dari emisi GHG di atmosfer. Sebagai contoh, kerusakan lahan gambut karena kebakaran hutan / kebakaran lahan gambut dapat menjadikan sumber emisi GHG. Walaupun demikian, ketika kebakaran dapat diatasi, lahan gambut dapat direstorasi kembali dengan jalan menutupinya dengan air atau dengan melakukan penanaman hutan kembali sehingga lahan gambut akan kembali berfungsi sebagai tandon air maupun sebagai rawa gambut tempat penyimpanan karbon dan GHG.

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) melakukan kegiatan Eksplorasi Umum Prospeksi Gambut untuk *Carbon Storage* Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat, untuk mengungkap potensi gambut Indonesia, melengkapi bank data gambut nasional maupun sebagai rekomendasi dalam pemanfaatan lahan gambut.

Maksud dilakukannya prospeksi gambut adalah untuk mengetahui sebaran dan ketebalan endapan gambut secara lebih rinci dan tujuannya adalah untuk mendapatkan data sumber daya gambut dan informasi kandungan karbon pada lahan gambut daerah prospeksi.

Lokasi kegiatan prospeksi gambut terletak di Kecamatan Mempawah Timur, Kecamatan Sungai Pinyuh dan Kecamatan Anjongan, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. Jarak dari Kota Pontianak menuju ke lokasi rencana kegiatan prospeksi kurang lebih 70 km dan dapat ditempuh dalam waktu sekitar 2 jam melalui jalan darat. Secara administratif, daerah prospeksi termasuk kedalam wilayah administratif Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi daerah prospeksi

## METODOLOGI

Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Gambut untuk *Carbon Storage* Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan dan pengambilan data geofisika *Ground Penetrating Radar* (GPR) lalu dilanjutkan dengan analisis laboratorium dan estimasi sumber daya beserta cadangan karbon pada lahan gambut.

Pengambilan data geologi mencakup pemetaan gambut dan pengambilan data gambut menggunakan bor. Pemetaan geologi dilakukan untuk menentukan batas-batas penyebaran

endapan gambut dan kontak endapan gambut dengan litologi lainnya sekaligus melokalisir sebaran gambut. Deskripsi dilakukan pada gambut yang ditemukan di lapangan secara megaskopis dari *cutting* hasil pengeboran gambut. Pemerian gambut diatas berdasarkan referensi *American Standart Testing Material* (ASTM, 2002) dan Van Pos, kandungan serat (ASTM D4427-92), kandungan abu (ASTM D2974), tingkat keasaman (ASTM D2976) dan tingkat pembusukan (ASTM D5715-00 dari Van Pos).

Pengeboran gambut dilakukan dengan menggunakan alat bor khusus gambut jenis *Fikelkarp Auger*. Penentuan

lokasi titik bor ditentukan berdasarkan grid dengan jarak antar grid sebesar 2 km. Pembuatan grid digunakan agar pengambilan data gambut menjadi konsisten dan terencana. Grid dibuat dengan mencakup seluruh area cekungan gambut yang dijadikan target kegiatan prospeksi. Hasil dari pengambilan data dengan menggunakan metode pengeboran ini diantaranya untuk mengetahui ketebalan endapan gambut, variasi endapan, muka air tanah dan mendapatkan sampel gambut pada titik bor tersebut.

Kegiatan geofisika dilakukan untuk mengetahui konfigurasi bawah permukaan. Metoda geofisika yang digunakan pada kegiatan ini berupa alat *Geo Radar* atau *GPR (Ground Penetrating Radar)*.

Kegiatan laboratorium dilakukan setelah diperoleh sampel gambut dari kegiatan lapangan. Analisis Laboratorium diperlukan sebagai data untuk evaluasi kualitas gambut di daerah prospeksi. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kimia, analisis fisika dan analisis *Total Organic Carbon (TOC)*. Analisis kimia yang dilakukan untuk sampel gambut adalah analisis proksimat, ultimat, nilai kalori dan *bulk density*. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui jumlah air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tertambat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*) yang terkandung dalam sampel

gambut. Analisis ultimat dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur utama dalam sampel gambut (karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen).

Data utama yang dibutuhkan untuk menghitung estimasi cadangan karbon di dalam tanah gambut dari suatu hamparan adalah:

- Berat isi (BI), [g/cm<sup>3</sup> atau kg/dm<sup>3</sup> atau t/m<sup>3</sup>]
- Kandungan karbon, [% berat atau g/g atau kg/kg] dari analisis ultimat dan TOC.
- Ketebalan tanah gambut. Jika contoh terdiri dari banyak lapisan, ketebalan setiap lapisan perlu diukur [cm atau m]
- Luas lahan yang akan ditaksir cadangan karbonnya [ha atau km<sup>2</sup>].

Selain data tersebut di atas diperlukan juga beberapa informasi tentang tingkat kematangan atau kadar serat gambut. Mempertimbangkan ketersediaan data dan dengan merujuk pada Page, dkk., (2011), bahwa konsentrasi karbon pada lahan gambut kering sekitar 50%, serta berbagai literatur menunjukkan bahwa perhitungan konsentrasi karbon menggunakan metoda yang berbeda-beda dan berubah seiring perkembangan jaman dan teknologi, maka dalam menghitung cadangan karbon pada lahan gambut di daerah prospeksi menggunakan data kandungan karbon dari data karbon organik dari analisis TOC yang akan dihitung dalam rumusan diatas.

**GEOLOGI REGIONAL**

Daerah prospeksi termasuk bagian dari Paparan Sunda yang dikenal dengan Blok Schwaner, blok ini membentuk morfologi yang tinggi dan stabil sejak Awal Kapur. Di bagian utara Blok Schwaner terdapat daerah Ketungau dan Melawi, kearah timur berturut-turut terdapat Paparan Barito, Graben Meratus dan Blok *Patternoster*, sedangkan di sebelah utara Graben Meratus terdapat cekungan Kutai (*R. Rose et al., 1978*) (Gambar 2). Blok Schwaner di Kalimantan Barat bagian selatan terdiri dari batuan beku praTersier dan batuan malihan. Daerah ini relatif stabil selama Tersier dan merupakan sumber penting bagi sedimentasi klastik disebelah utara dan timur. Secara umum daerah prospeksi gambut terletak di Paparan Sunda bagian baratlaut dimana sebagian besar merupakan daerah morfologi endapan Kuartar dataran rendah.



**Gambar 2.** Peta Cekungan Kalimantan (*R. Rose et al., 1978*)

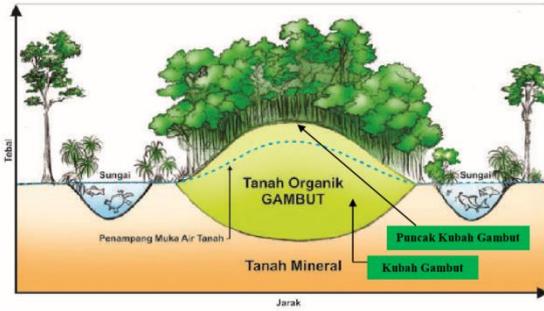
Berdasarkan studi literatur diantaranya dari peta geologi dan peta topografi dapat diperkirakan bahwa daerah prospeksi termasuk dalam zona dataran rendah dengan ketinggian antara 5 m – 50 m dari permukaan laut.

Berdasarkan stratigrafi secara regional menurut N. Suwarna (GRDC) dan R.P. Langford (AGSO) 1993, endapan gambut diidentifikasi merupakan bagian dari Endapan aluvial dan rawa (Qa). Pada lokasi kegiatan, endapan gambut ditemukan berada diatas Formasi Hamisan (Toh).

Menurut Anderson (1975), di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat endapan gambut yang tersebar luas ini terbentuk pada kala Holosen, yakni setelah morfologi Pulau Kalimantan secara umum terbentuk dan endapan gambut yang terbentuk ini menempati zona depresi paralik pantai. Sebagaimana umumnya endapan berumur Kuartar, hampir tidak ada pengaruh struktur geologi di daerah tersebut.

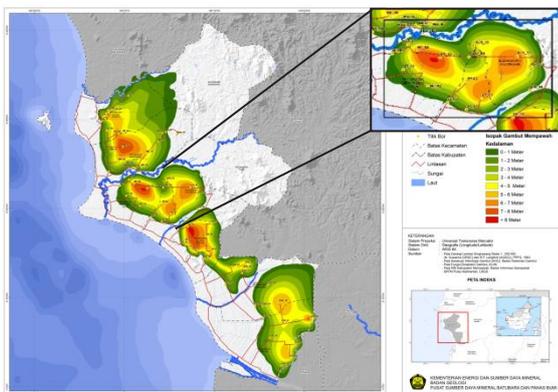
Pada umumnya gambut membentuk suatu ekosistem yang letaknya di antara 2 (dua) sungai besar, di antara sungai dan laut dan/atau pada rawa. Apabila jarak horizontal kedua sungai besar tersebut cukup jauh, misalnya beberapa puluh kilometer, lahan gambut biasanya membentuk pola kubah gambut (peat dome) yang cukup besar. Kubah gambut merupakan area di dalam Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG) yang

memiliki elevasi lebih tinggi dibandingkan dengan lahan gambut di sekitarnya. Kubah gambut termasuk dalam fungsi lindung karena menyimpan kandungan karbon dan air yang sangat tinggi (Gambar 3).



**Gambar 3.** Ilustrasi lahan gambut dengan puncak kubahnya di bagian tengah (Murdiyarsa dan Suryadiputra, 2003)

Berdasarkan kegiatan Penyelidikan Umum Gambut Kabupaten Mempawah tahun 2022 (Erviana. F, dkk., 2002), diketahui terdapat cekungan gambut yang berada pada daerah prospeksi (Gambar 4). Cekungan gambut tersebut diberi nama Cekungan Gambut Masupin.

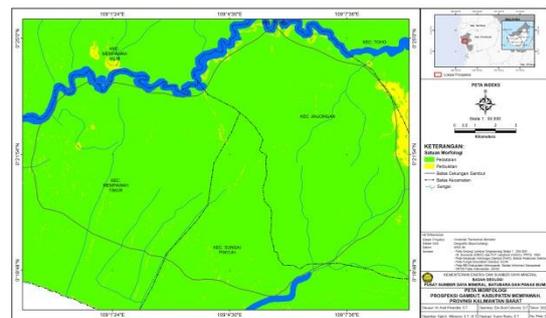


**Gambar 4.** Cekungan Gambut Kabupaten Mempawah

## HASIL KEGIATAN DAN ANALISIS

Daerah prospeksi berada pada Cekungan Gambut Masupin. Penamaan cekungan gambut diambil dari hasil penyelidikan umum gambut Pusat Sumber Daya Mineral dan Panas Bumi di Kabupaten Mempawah pada tahun 2022.

Daerah prospeksi mencakup wilayah Kecamatan Mempawah Timur, Kecamatan Anjungan dan Kecamatan Sungai Pinyuh yang terletak pada pesisir barat Pulau Kalimantan. Pada kegiatan prospeksi ini, pembagian satuan morfologi dilakukan berdasarkan pengamatan di lapangan, analisis peta topografi dan peta *Digital Elevation Model* (DEM). Satuan morfologi pada kegiatan prospeksi ini dibagi menjadi 2 satuan morfologi yaitu Satuan Pedataran dan Satuan Perbukitan (Gambar 5).



**Gambar 5.** Peta Morfologi Daerah Prospeksi

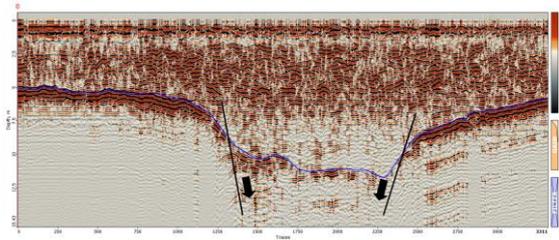
Endapan Aluvial dan Rawa (Qa), berumur Kuartar, disusun oleh lumpur, pasir dan sisa tumbuhan. Endapan gambut ditemukan pada formasi ini.

Struktur geologi pada daerah prospeksi diketahui berdasarkan

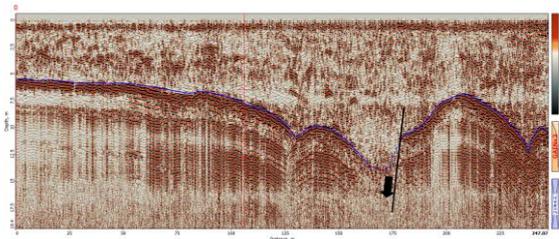
pengamatan lapangan dan data geofisika. Endapan gambut yang berumur Kuarter memiliki elevasi yang relatif datar dan tidak ditemukan jejak struktur. Namun berdasarkan data GPR, diketahui bahwa pada alas cekungan gambut, terdapat konfigurasi cekungan yang terpengaruh oleh struktur (Gambar 6 dan Gambar 7). Struktur tersebut diasumsikan mempengaruhi formasi dibawah endapan gambut namun tidak mempengaruhi endapan gambut di bagian atas. Keberadaan struktur pada alas cekungan gambut diduga merupakan bagian dari keberadaan struktur regional *Adang Flexure* yang memotong bagian timur hingga barat Pulau Kalimantan menyebabkan adanya zona – zona lemah dan terjadinya intrusi yang muncul di bagian timur daerah prospeksi.

Berdasarkan hasil kegiatan eksplorasi pendahuluan prospeksi gambut di Kabupaten Mempawah, diperoleh data geologi dan data geofisika. Data geologi berupa 50 titik pengeboran gambut.

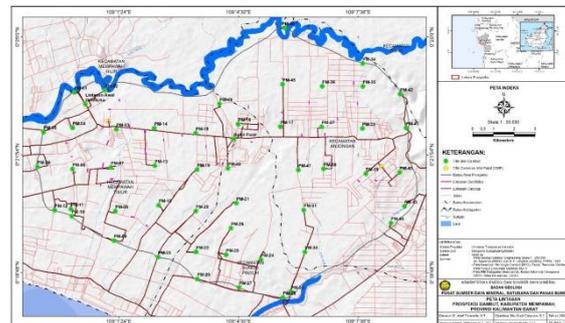
Data Geofisika berupa data lintasan pengukuran GPR. Total panjang lintasan pengukuran GPR adalah 5,2 km yang tersebar pada beberapa segmen lintasan dimana panjang tiap lintasan pengukuran GPR bervariasi antara 100 – 250 meter. Segmen lintasan GPR tersebar di semua bagian Cekungan Gambut Masupin. Sebaran data geologi dan geofisika pada daerah prospeksi dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 6.** Struktur geologi berupa patahan (graben) pada alas cekungan gambut dari data GPR DAT



**Gambar 7.** Struktur geologi berupa patahan pada alas cekungan gambut dari data GPR



**Gambar 8.** Peta Sebaran Data Daerah Prospeksi

## PEMBAHASAN

### Data Endapan Gambut Daerah Prospeksi

Secara umum, gambut yang ditemukan di daerah prospeksi memiliki ciri megaskopis dengan warna coklat gelap, kandungan air bervariasi dari rendah hingga cukup tinggi, fragmen tumbuhan berupa serat akar di beberapa

titik pengukuran masih terlihat, kandungan serat berdasarkan ASTM termasuk gambut fibrik hingga hemik, derajat pembusukan berdasarkan skala Van Pos berkisar H2 hingga H6, dan di beberapa tempat terlihat indikasi gambut bekas terbakar. Ketebalan gambut yang ditemukan pada daerah prospeksi berkisar antara 0 cm hingga 9 m. Ditinjau dari aspek kandungan serat berdasarkan ASTM D4427-92, endapan gambut pada daerah penyelidikan termasuk kategori jenis *fibric* dengan kandungan serat >67% dan jenis *hemic* dengan kandungan serat 33% - 67%. Endapan gambut jenis *hemic* banyak ditemukan pada gambut dengan ketebalan diatas 4 meter.

Tingkat pembusukan endapan gambut pada daerah prospeksi berdasarkan deskripsi megaskopis memiliki variasi antara H2-H6 (ASTM D5715-00 dari Van Pos). H2 memiliki ciri gambut hampir seluruhnya belum mengalami pembusukan sama sekali, air cukup jernih, sisa tumbuhan mudah diidentifikasi. H6 memiliki ciri gambut hampir separuhnya mengalami pembusukan, air berwarna sangat gelap, struktur tumbuhan sukar untuk dikenali.

Litologi pada alas cekungan umumnya adalah batulempung, dengan kenampakan megaskopis berwarna abu-abu terang, lunak dan plastis. Pada bagian timur laut cekungan, ditemukan bahwa litologi yang berada pada bagian alas cekungan adalah batupasir. Kenampakan

gambut pada daerah prospeksi dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Kenampakan gambut pada lokasi pengukuran PM-13, PM-15 dan PM-19 (dari kiri ke kanan)

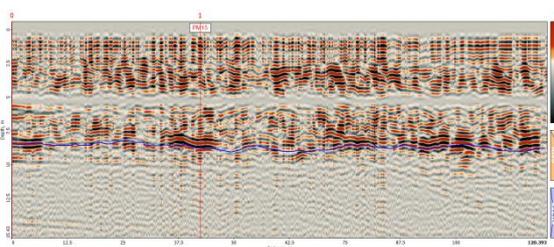
### Data Geofisika Daerah Prospeksi

Lintasan GPR di daerah prospeksi dilakukan di Kecamatan Mempawah Timur, Kecamatan Sungai Piyuh, dan Kecamatan Anjongan. Jumlah lintasan pada ketiga kecamatan tersebut mencapai 75 lintasan. Secara umum, kegiatan akuisisi data GPR menggunakan antena SE150, SE70 dan SE40 dengan menggunakan *control unit* Mesa. Metode *Common Mid Point* (CMP) dan korelasi dengan data bor digunakan untuk mengkonversi data GPR dari domain waktu ke kedalaman.

Secara umum, GPR menunjukkan hasil yang cukup konsisten dengan hasil *coring*. Di sebelah paling barat daerah prospeksi didominasi oleh gambut dengan tebal 0-1 meter sementara makin ke tengah lokasi penyelidikan ketebalan gambut mencapai 9 - 9.5 meter dan yang paling dalam adalah di bagian barat dengan ketebalan mencapai lebih dari 9,5

meter. Beberapa interpretasi dari hasil pengukuran GPR adalah sebagai berikut :

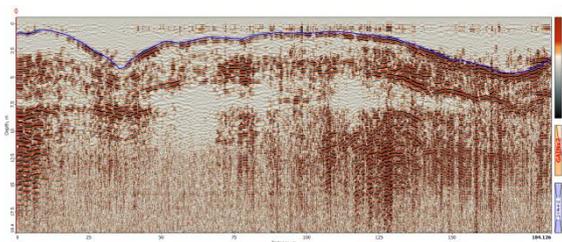
Lintasan 36 (Gambar 10) berada di sisi barat area prospeksi. Antena yang digunakan adalah Subecho tipe SE 40 dengan frekuensi tengah 52 Mhz untuk area gambut dengan permitivitas 53 - 56. Pengukuran dilakukan dari titik selatan lintasan ke titik utara dengan panjang lintasan 120 meter. Lintasan ini melalui titik pengukuran PM-15 dimana ketebalan yang diketahui dari titik pengukuran PM-15 adalah ketebalan gambut 8,6 meter. Secara umum, GPR mampu mendeliniasi batas antara gambut dan lempung yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru. Respon gambut dengan sedimen lempung sangat tegas sedangkan pada lempung sinyal GPR mengalami atenuasi sehingga reflektornya datar. Tebal gambut pada lintasan 36 bervariasi dengan range 8,2 – 8.8 meter.



**Gambar 10.** Penampang GPR Lintasan 36

Lintasan 70 (Gambar 11) berada di sisi timurlaut daerah prospeksi. Antena yang digunakan adalah Subecho tipe SE 70 dengan frekuensi tengah 80 Mhz untuk area gambut dengan permitivitas 53 - 56. Pengukuran dilakukan dari titik selatan

lintasan ke titik utara dengan panjang lintasan 184 meter. Secara umum, GPR mampu mendeliniasi batas antara gambut dan lempung yang ditunjukkan oleh garis berwarna putih. Respon gambut-batupasir sangat tegas sedangkan pada batupasir sinyal GPR tidak mengalami atenuasi. Tebal gambut pada lintasan 70 bervariasi dengan range 1,0 - 3,5 meter.



**Gambar 11.** Penampang GPR Lintasan 70

### Analisis Laboratorium

Jumlah sampel yang dianalisis adalah 25 sampel. Adapun analisis yang dilakukan terdiri dari analisis kimia (*proksimat dan ultimat*) dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2, meliputi pengukuran sulfur total, *bulk density*, keasaman, nilai kalori dan analisis fisika (petrografi organik) pada Tabel 3. Hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 1. Analisis ultimat dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur C (*daf*), H (*daf*), O (*daf*), N (*daf*) dan S (*daf*). Hasil analisis ultimat dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis, secara umum dapat terlihat bahwa gambut di Cekungan Gambut Masupin memiliki kualitas yang seragam. Dilihat dari total kandungan air (*total Moisture* atau TM),

hasil analisis memiliki rentang nilai yang tidak terlalu jauh, berkisar antara 85,13% hingga 94,93% (ar). Dilihat dari nilai karbon tertambat (*Fixed Carbon* atau FC), sampel gambut daerah prospeksi yang memiliki rentang antara 25,25% hingga 37,7% (adb), mengindikasikan bahwa pembentukan gambut di daerah prospeksi terjadi pada kondisi yang ideal tanpa ada pengaruh signifikan dari sedimen (klastik). Nilai FC yang tinggi juga perlu menjadi perhatian, karena gambut dengan nilai FC yang tinggi akan berkorelasi dengan nilai kalori yang tinggi pula. Hal tersebut mengakibatkan gambut dengan karakteristik tersebut akan menjadi rawan terbakar jika kondisi lahan gambut menjadi kering yang diakibatkan oleh musim kemarau yang panjang ataupun bisa juga diakibatkan oleh pembuatan kanal – kanal yang dalam.

Hasil analisis ultimat, yang terdiri atas kandungan unsur karbon, hidrogen,

nitrogen, sulfur dan oksigen, menunjukkan bahwa kandungan karbon merupakan yang paling dominan dengan rata-rata sebesar 63,05% (daf). Lalu kandungan oksigen dengan rata-rata sebesar 30,3% (daf). Hasil analisis pertografi organik menunjukkan bahwa nilai reflektan gambut antara 0,13 – 0,26% dengan rata-rata 0,19%. Berdasarkan nilai reflektan vitrinit (*random*) yang berkisar antara 0,15%-0,21% menunjukkan bahwa sampel gambut termasuk kedalam peringkat *peat* (Stach, et., al., 1982).

Berdasarkan hasil analisis petrografi organik, komposisi maseral sampel gambut menunjukkan maseral huminit atau vitrinit dominan berasal dari sub grup detrohuminite, sedikit telohuminite dan gelohuminite. Maseral inertinit terdiri dari funginite, semi fusinite, macrinite, inertodetrinite dan fusinite. Maseral liptinit terdiri dari cultinite, resinite, liptodetrinite, sporinite dan subertinite.

**Tabel 1.** Hasil analisis proksimat, sulfur total, *bulk density* dan kalori gambut daerah prospeksi

No	Kode Conto	Proksimat					TS (% adb)	CV (cal/gr; %adb)	RD	pH
		TM (%)	M (%adb)	VM (%adb)	FC (%adb)	Ash (%adb)				
1	PM 2	90.73	7.52	50.73	31.53	10.22	3.2	4571	0.1	2.79
2	PM 3	88.51	7.8	53.74	34.69	3.77	0.8	4834	0.12	4.2
3	PM 7	91.36	8.04	56.18	30.91	4.87	0.18	5030	0.1	5.31
4	PM 13 1-4m	92.45	7.55	57.43	34.27	0.75	0.15	5091	0.08	4.08
5	PM 14 3-9m	89.99	8.08	54.19	35.6	2.13	0.7	5012	0.12	4.53
6	PM 14 Composite	93.05	7.78	58.68	32.63	0.91	0.16	5280	0.08	3.95
7	PM 15 1-5m	89.78	6.96	55.63	36.99	0.42	0.14	5097	0.11	3.84
8	PM 16	94.93	7.53	54.38	35.69	2.4	0.25	5498	0.07	3.79
9	PM 17	91.13	7.8	57	32.42	2.78	0.14	5137	0.1	4.06
10	PM 18	91.13	8.05	55.25	30.93	5.77	0.19	4884	0.09	4.4
11	PM 19	90.2	7.35	54.75	37.51	0.39	0.14	5039	0.1	3.95
12	PM 21	90.93	7.5	55.68	35.39	1.5	0.14	5069	0.11	3.87
13	PM 24	92.49	7	58.26	31.86	2.88	0.16	5122	0.09	3.88
14	PM 25	88.3	6.35	49.13	25.25	19.27	0.31	4354	0.13	4.41
15	PM 30	92.6	11.13	58.85	28.81	1.21	0.15	5022	0.08	3.73
16	PM 31	91.91	6.63	58.92	31.42	3.03	0.15	5093	0.08	3.77
17	PM 33	89.47	6.61	56.47	35.56	1.36	0.23	5288	0.13	4.01
18	PM 35	92.21	7.03	53.31	28.75	10.91	0.35	4706	0.12	3.95
19	PM 36	92.54	6.93	54.36	37.7	1.01	0.23	5405	0.08	3.81
20	PM 37	86.99	6.6	57.9	32.04	3.46	0.34	5228	0.13	3.93
21	PM 38	88.49	9.98	55.45	33.99	0.58	0.3	5050	0.14	3.91
22	PM 39	86.4	8.13	50.48	29.73	11.76	0.29	4645	0.14	3.87
23	PM 45	94.37	7.64	57.6	31.54	3.22	0.33	5095	0.07	4
24	PM 47	90.59	7.93	55.24	34.23	2.6	0.34	5079	0.1	4.12
25	PM 48	85.13	7.32	57.47	34.02	1.19	0.41	5169	0.08	4.12
Nilai Kisaran		85.13 - 94.93	6.35 - 11.13	49.13 - 58.92	25.25 - 37.7	0.39 - 19.27	0.14 - 3.2	4354 - 5498	0.07 - 0.14	2.79 - 5.31
Nilai Rata-Rata		90.62	7.64	55.48	32.93	3.93	0.39	5031	0.11	4.1

**Tabel 2.** Hasil analisis ultimat gambut daerah prospeksi

No	Kode Conto	Ultimat				
		C (%daf)	H (%daf)	N (%daf)	O (%daf)	S (%daf)
1	PM 2	60.41	4.93	0.95	29.81	3.89
2	PM 3	62.93	4.7	0.94	30.52	0.9
3	PM 7	63.39	5.48	1.31	29.62	0.21
4	PM 13 1-4m	63.5	5.07	1.22	31.05	0.16
5	PM 14 3-9m	63.09	4.71	1	30.43	0.77
6	PM 14 Composite	63.73	5.39	1.25	29.47	0.18
7	PM 15 1-5m	62.76	4.65	1.07	31.36	0.15
8	PM 16	66.8	5.44	1.15	26.33	0.28
9	PM 17	63.02	5.3	0.79	30.73	0.15
10	PM 18	62.69	5.27	1.02	30.8	0.22
11	PM 19	62.69	4.66	1.06	31.44	0.15
12	PM 21	62.66	4.78	1.23	31.17	0.15
13	PM 24	62.11	5.34	1.2	31.77	0.18
14	PM 25	63.17	5.62	1.18	29.61	0.42
15	PM 30	62.44	5.57	1.24	30.58	0.17
16	PM 31	61.18	5.36	1.23	32.07	0.17
17	PM 33	63.2	5.07	1	30.28	0.25
18	PM 35	61.02	5.57	1.33	31.66	0.42
19	PM 36	65.73	4.84	1.06	28.12	0.25
20	PM 37	63.18	5.49	1.2	29.76	0.37
21	PM 38	63.63	4.93	1.2	29.9	0.34
22	PM 39	64.37	5.16	1.14	28.98	0.36
23	PM 45	62.61	5.47	0.9	30.65	0.37
24	PM 47	63.29	5	0.84	30.49	0.38
25	PM 48	62.65	5.01	0.99	30.9	0.44
	<b>Nilai Kisaran</b>	60.41 - 66.8	4.65 - 5.62	0.79 - 1.33	26.33 - 32.07	0.15 - 3.89
	<b>Nilai Rata-Rata</b>	63.05	5.15	1.1	30.3	0.45

**Tabel 3.** Hasil analisis petrografi organik gambut daerah prospeksi

No	Kode Conto	RV	RV	Komposisi Maseral			Kandungan Mineral		
		(%, random)	(%, kisaran)	Vitrinit	Inertinit	Liptinit	Clay	OB	Pyrite
1	PM 2	0.2	0.17-0.23	78.8	2.6	1.6	12.6	-	4.4
2	PM 3	0.2	0.16-0.23	74	14.6	0.8	8	-	2.6
3	PM 7	0.17	0.13-0.23	58.8	19.2	5.8	15.2	-	1
4	PM 13 1-4m	0.17	0.13-0.21	50	20.8	0.6	27.2	-	1.2
5	PM 14 3-9m	0.21	0.18-0.24	67	20	1.4	9.8	-	1.8
6	PM 14 Composite	0.2	0.16-0.24	48.4	14.8	2.6	34	-	0.2
7	PM 15 1-5m	0.19	0.15-0.25	45	21.8	0.4	31.4	-	1.4
8	PM 16	0.17	0.14-0.22	84.8	48	2.4	7.4	-	1
9	PM 17	0.2	0.17-0.25	64.4	14.8	1	18.8	-	1
10	PM 18	0.18	0.15-0.23	81.4	6.2	1.2	10.6	-	0.6
11	PM 19	0.18	0.16-0.22	59.8	16.2	0.6	22.8	-	0.6
12	PM 21	0.19	0.15-0.22	56.8	35	0.6	6.2	-	1.4
13	PM 24	0.19	0.15-0.23	78	12	1.4	8	-	0.6
14	PM 25	0.2	0.16-0.25	68	5	0.8	25.6	-	0.6
15	PM 30	0.19	0.16-0.24	61.6	9.2	1.2	27.6	-	0.4
16	PM 31	0.19	0.16-0.23	68.2	12	1.4	17	-	1.4
17	PM 33	0.2	0.16-0.24	65.4	15.2	1.2	17.4	-	0.8
18	PM 35	0.19	0.16-0.22	59.4	5.6	2.4	31.8	-	0.8
19	PM 36	0.2	0.16-0.26	35.8	17.4	0.2	46.4	-	0.2
20	PM 37	0.2	0.16-0.24	57.6	29.2	0.4	11.4	-	0.4
21	PM 38	0.19	0.16-0.24	53	14.2	0.4	31.6	-	0.8
22	PM 39	0.2	0.16-0.24	61.2	28.4	0.6	8.8	-	1
23	PM 45	0.15	0.13-0.20	71.6	7	0.8	20.2	-	0.6
24	PM 47	0.17	0.13-0.22	69.8	16.4	0.6	11.8	-	1.4
25	PM 48	0.19	0.15-0.24	68	16.8	1.2	13	-	1
	<b>Nilai Kisaran</b>	0.15-0.21	0.13-0.26	45 - 84.8	2.6 - 48	0.2 - 5.8	7.4 - 46.4	-	0.2 - 4.4
	<b>Nilai Rata-Rata</b>	0.19		63.48	16.89	1.26	18.98	-	1.08

Kegiatan prospeksi ini juga dilakukan untuk mengungkap potensi gambut sebagai lahan yang mengandung karbon, sehingga dilakukan analisis kandungan *Total Organic Carbon* (TOC) dari sampel yang telah diambil di cekungan gambut daerah prospeksi. Analisis TOC dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon organik yang masih tersimpan dalam endapan gambut di bawah permukaan. Jumlah sampel yang dianalisis adalah 29 sampel.

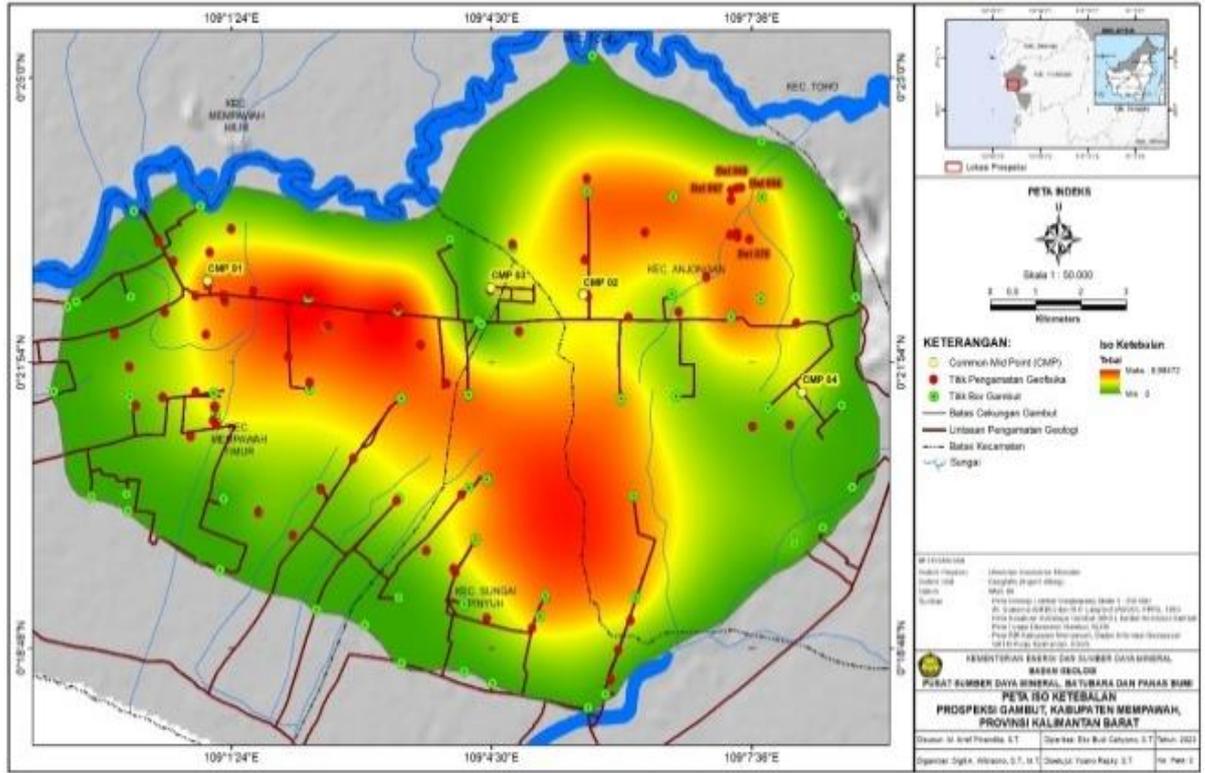
Berdasarkan hasil analisis TOC, dapat diketahui bahwa kandungan karbon organik berkisar antara 45,09% hingga 58,37% dengan nilai rata-rata dari 29 sampel yang dianalisis adalah 53,21%. Rentang nilai dan nilai rata-rata TOC sampel gambut daerah prospeksi memiliki kesamaan dengan konsentrasi karbon pada lahan gambut kering secara umum, dimana nilai konsentrasi karbon sekitar 50% menurut Page, Rieley & Banks., 2011 dan 50% - 60% menurut Anshari, dkk. 2010. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Wahyunto, dkk. (2004) yang membuat tabulasi nilai-nilai Kadar karbon (C-organik) pada berbagai jenis/tingkat kematangan gambut di Kalimantan menunjukkan bahwa jenis hemik dan saprik memiliki kadar karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis fibrik.

## Potensi Gambut dan Cadangan Karbon

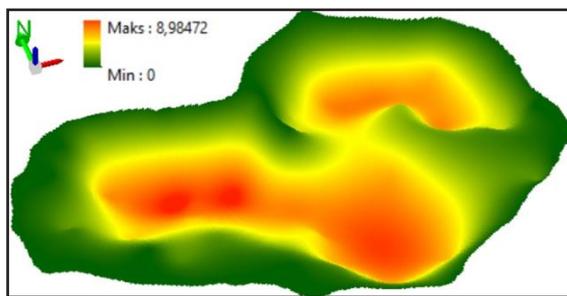
Pada kegiatan prospeksi ini, angka luasan area cekungan gambut dan angka volumetrik endapan gambut didapatkan dari perhitungan menggunakan *software*. Berdasarkan hasil perhitungan, luasan area cekungan adalah sebesar 158.110.625 m<sup>2</sup> atau sebesar 15.811 ha. Model dibuat berdasarkan isopak ketebalan gambut (Gambar 12). Model endapan gambut dapat dilihat pada (Gambar 13).

**Tabel 4.** Hasil analisis TOC gambut daerah prospeksi

No	Kode Conto	TOC (%)
1	PM 2	48.78
2	PM 3	53.46
3	PM 6	50.94
4	PM 7	54.35
5	PM 13 (1-4m)	54.33
6	PM 13 (4-5.4m)	47.92
7	PM 14 (3-9m)	54.05
8	PM 14 (8-9m)	45.09
9	PM 14 Composite	55.36
10	PM 15 (1-5m)	55.43
11	PM 15 (5-8.6m)	49.7
12	PM 16	55.57
13	PM 17	53.94
14	PM 18	51.29
15	PM 19	54.33
16	PM 21	52.99
17	PM 24	54.21
18	PM 25	46.36
19	PM 30	55.52
20	PM 31	52.95
21	PM 33	56.51
22	PM 35	50.43
23	PM 36	55.29
24	PM 37	58.37
25	PM 38	55.18
26	PM 39	55.36
27	PM 45	54.34
28	PM 47	55.1
29	PM 48	55.92
<b>Nilai Kisaran</b>		45.09 - 58.37
<b>Nilai Rata-Rata</b>		53.21



Gambar 12. Peta Isopak Cekungan Gambut Masupin, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat



Gambar 13. Model endapan gambut Cekungan Gambut Masupin

Setelah didapatkan model endapan, proses berikutnya adalah dengan menghitung volumetrik pada model endapan. Hasil perhitungan volumetrik endapan untuk area yang telah di modelkan tersebut adalah sebesar 894.363.995 m<sup>3</sup>. Untuk mengetahui massa (sumber daya) gambut, nilai volume endapan dikali dengan berat jenis gambut,

dimana nilai berat jenis gambut berdasarkan hasil analisis laboratorium dari sampel daerah prospeksi adalah sebesar 0,11 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan perkalian volume dan berat jenis, diketahui sumber daya gambut pada Cekungan Gambut Masupin adalah sebesar 98.380.039 ton endapan gambut.

Tabel 5. Tabulasi estimasi sumber daya gambut daerah prospeksi

Luas Area	Luas Area	Volumetrik Endapan	Berat jenis	Sumberdaya Gambut
m <sup>2</sup>	Ha	m <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	Ton
158.110.625	15.811	894.363.995	0,11	98.380.039

Estimasi cadangan karbon atau dalam hal ini disebut *Carbon Storage* pada cekungan gambut daerah prospeksi

dilakukan dengan perkalian antara sumber daya gambut (volumetrik gambut) dalam unit tonase dan kandungan karbon dari hasil analisis laboratorium. Estimasi akan dilakukan dengan menggunakan data kandungan karbon kandungan karbon dari hasil analisis TOC. Sampel gambut daerah prospeksi memiliki nilai minimum sebesar 45,09% dan nilai maksimum adalah sebesar 58,37%. Dengan menggunakan nilai minimum dan maksimum tersebut, diketahui potensi karbon (kandungan karbon) pada Cekungan Gambut Masupin adalah minimum 44,36 juta ton dan maksimum 57,42 juta ton.

### **Pemanfaatan dan Pengembangan**

Keberadaan karbon yang besar pada lahan gambut menjadi dasar dalam pertimbangan bahwa konservasi lahan gambut merupakan bentuk *carbon credit* yang bisa dijadikan komoditas dalam *carbon trading*. Pemanfaatan dan pengembangan lahan gambut untuk konservasi dan dijadikan komoditas pada *carbon trading* merupakan peluang yang sangat menarik.

Penggunaan peta sebaran dan isopak gambut dapat digunakan oleh pemangku kebijakan dalam institusi terkait sebagai kontrol dalam pemberian lahan konsesi, khususnya pemberian ijin perkebunan dan Hutan Tanam Industri pada lahan gambut, dimana lahan gambut yang diijinkan sebatas pada gambut

dengan ketebalan <3 m (Permentan No.14/Permenten/PL.110/2/2009 Tentang Pedoman Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Budidaya Kelapa Sawit). Penggunaan peta sebaran dan isopak gambut juga dapat digunakan sebagai data sekunder pada perencanaan jalan, jembatan dan bangunan di daerah lahan gambut, khususnya pada perencanaan konstruksi.

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Cekungan gambut daerah prospeksi adalah Cekungan Gambut Masupin. Satuan morfologi pada daerah prospeksi terbagi menjadi Satuan Pedataran dan Satuan Perbukitan. Struktur geologi terlihat berdasarkan data GPR yang menunjukkan adanya struktur patahan di bawah permukaan. Data geologi berupa 50 titik pengeboran gambut dan data geofisika berupa pengukuran GPR dengan total panjang lintasan 5,2 km. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, diketahui bahwa *Total Moisture* (TM) berkisar antara 85,13% hingga 94,93% (ar), *fixed carbon* memiliki rentang antara 25,25% hingga 37,7% (adb) dan nilai *vitritin reflektan* berkisar antara 0,13 – 0,26%. Berdasarkan hasil analisis TOC, dapat diketahui bahwa kandungan karbon organik (kolom TOC) secara umum memiliki rentang nilai yang relatif cukup kecil, berkisar antara 45,09% hingga 58,37% dengan nilai rata-rata dari 29 sampel yang dianalisis adalah 53.21%.

Estimasi potensi sumber daya endapan gambut pada Cekungan Gambut Masupin adalah sebesar 98.380.039 Ton dan nilai potensi karbon (kandungan karbon) pada Cekungan Gambut Masupin adalah minimum 44,36 juta Ton dan maksimum 57,42 juta Ton.

Hasil estimasi kandungan karbon pada endapan gambut daerah prospeksi, dapat dijadikan data awal yang perlu dikaji

bersama oleh berbagai pihak pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait dengan potensi data tersebut dalam *carbon trading* di Indonesia. Namun masih perlu adanya kajian dan studi yang lebih mendalam dengan melibatkan banyak pihak sehingga kuantifikasi karbon pada lahan gambut menjadi lebih valid dan diterima oleh berbagai pihak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson J.A.B. and Muller S., 1975, *Polynological study of a Holocene peat and Miocene coal deposit from NW Borneo*.
- Anshari, G., M. Afifudin, M. Nuriman, E. Gusmayanti, L. Arianie, R. Susana, R.W. Nusantara, J.S. Rahajoe, and A. Rafiastanto. 2010. *Drainage and land use impacts on changes in selected peat properties and peat degradation in West Kalimantan Province, Indonesia*. Biogeosciences. 7:3403-419.
- Erviana, F., Rukhimat, R., Darsita, U., Prahesti, I, O., dan Darmanto, T., 2022, Penyelidikan Umum Gambut Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. PSMBP. Bandung.
- Murdiyarto, D. dan I.N.N. Suryadiputra, 2003. Paket Informasi Praktis: Climate Change Forest and Peatlands in Indonesia. Wetland International Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Page SE, Rieley JO and Banks CJ. 2011b. *Global and Regional Importance of The Tropical Peatland Carbon Pool, Global Change Biology* 17:798–818.
- Rencana Startegis Tahun 2020 – 2024, Direktorat Pengendalian Kerusakan Gambut, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Rose, R. dan Hartono, P., 1978, *Geological evolution of the Tertiary Kutei-Melawi Basin, Kalimantan, Indonesia*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 7th Annual Convention, 225-252.
- Suwarna, N., dan Langford, R.P., 1993. Peta Geologi Regional Lembar Singkawang.

- Stach E, Mackowsky M-Th, Teichmuller M, Taylor GH, Chandra D, Teichmuller R., 1982. *Coal Petrology. 3th edition.* Gebruder Borntraeger Berlin-Stuttgart.
- Wahyunto S. Ritung & H Subagyo. 2004. Peta sebaran lahan gambut, luas dan kandungan karbon di Kalimantan/Map of peatland distribution area and carbon content in Kalimantan, 2000 – 2002. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada (WHC).

**EKSPLORASI PENDAHULUAN PROSPEKSI BITUMEN PADAT DAN ASPAL  
GEOLOGI DAN GEOFISIKA DAERAH KABUPATEN BUTON SELATAN  
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

**Dede I. Suhada, S. Basuki Rahmat, Hans E. A. Siregar,  
Robet L. Tobing, dan David P. Simatupang**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

**SARI**

Kegiatan prospeksi dimaksudkan untuk menambah data bawah permukaan yang menunjang rekomendasi usulan wilayah prospek aspal Buton (asbuton) di Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan tujuan mengetahui pola sebaran, ketebalan lapisan, dan bentuk geometris beserta data kualitas dan karakteristik endapan asbuton.

Berdasarkan hasil eksplorasi didapatkan singkapan asbuton sebanyak 25 singkapan yang diikuti dengan tespit sebanyak 4 buah dan pengeboran pada 8 titik. Survey geofisika menggunakan metode Geo Radar atau *Ground Penetrating Radar* (GPR) sebanyak 206 lintasan dengan panjang lintasan lebih dari 29,4 km.

Analisis asbuton yang dilakukan adalah analisis proksimat, ultimat, petrografi, retort, ekstraksi batuan aspal buton (asbuton), kadar asbuton, kadar bitumen dan XRD. Kadar aspal berkisar dari 2,83% s.d. 29,19%. Berdasarkan spesifikasi umum maka karakteristik aspal untuk Daerah Hendea termasuk jenis Asbuton Butir B5/20 atau Tipe Kabungka.

Sumberdaya tereka dengan jumlah batuan mengandung aspal sebesar 195.000 ton dan sumber daya aspal 41.386 ton. Sedangkan untuk sumber daya hipotetik jumlah batuan mengandung aspal sebesar 1.049.100 ton dan sumber daya aspal 162.700 ton

Kadar aspal berkisar dari 2,83% s.d. 29,19%. Berdasarkan spesifikasi umum maka karakteristik aspal untuk Daerah Hendea termasuk jenis Asbuton Butir B5/20 atau Tipe Kabungka.

**Kata Kunci:** Asbuton, GPR, B5/20, Buton Selatan

**PENDAHULUAN**

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 155 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan

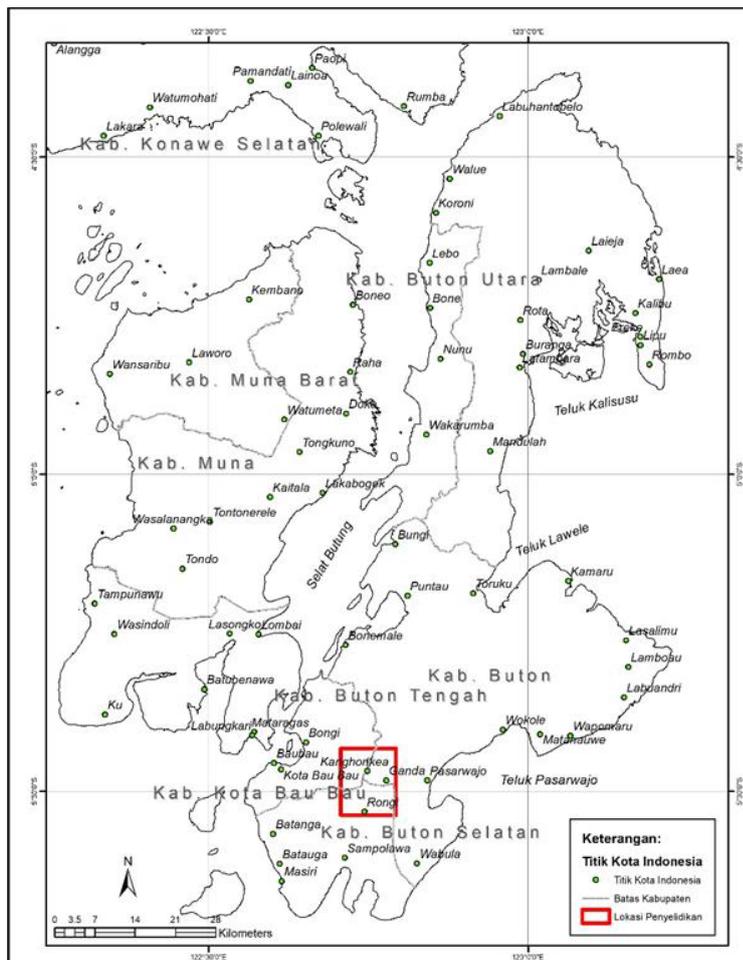
Sumber Daya Mineral, Pusat Sumberdaya Mineral Batubara dan Panas Bumi sebagai salah satu unit eselon II di Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mempunyai tugas dan fungsi

menyelenggarakan penelitian, penyelidikan dan pelayanan di bidang sumber daya mineral, batubara dan panas bumi. Komoditas aspal atau Aspal Buton (Asbuton) merupakan bitumen padat termasuk kedalam bagian tupoksi dari Bidang atau Kelompok Batubara.

Pelaksanaan tupoksi dari Kelompok Batubara salah satunya adalah kegiatan prospeksi. Kegiatan prospeksi dilakukan sebagai tindak lanjut kegiatan penyelidikan umum sebelumnya pada daerah prospek untuk menambah data dan meningkatkan status sumber daya yang dapat digunakan dalam penyiapan

data dan informasi untuk rekomendasi usulan WIUP Asbuton serta melengkapi bank data nasional asbuton.

Sehubungan dengan hal tersebut, Pada tahun 2023 Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi melakukan eksplorasi pendahuluan prospeksi aspal dengan metode terpadu geologi dan geofisika di daerah Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (Gambar 1). Kegiatan ini dilakukan untuk melengkapi data bawah permukaan guna mendukung potensi asbuton di daerah prospeksi.



Gambar 1. Lokasi daerah prospeksi berada di Kabupaten Buton Selatan

Maksud dari kegiatan prospeksi aspal geologi dan geofisika di daerah Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara adalah untuk menambah data bawah permukaan yang dapat digunakan sebagai data dan informasi dalam rangka menunjang rekomendasi usulan wilayah prospek Asbuton di daerah prospeksi.

Tujuannya untuk mengetahui pola sebaran, ketebalan lapisan, serta bentuk geometris endapan asbuton pada kedalaman lebih dari 50 meter yang disertai data kualitas dan karakteristik endapan asbuton di daerah prospeksi, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

## METODOLOGI

Kegiatan yang dilakukan adalah pemetaan geologi dengan fokus pada batuan atau formasi yang mengandung aspal/ bitumen padat. Selain itu dilakukan juga pembuatan sumur uji atau paritan yang bertujuan mengetahui kemenerusan lapisan aspal dari singkapan yang ada

Survey geofisika dilakukan untuk mengetahui konfigurasi bawah permukaan daerah prospeksi. Metoda geofisika yang digunakan pada kegiatan ini berupa alat *Geo Radar* atau *GPR (Ground Penetrating Radar)*.

GPR adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari kondisi bawah permukaan berdasarkan sifat elektromagnetik dengan menggunakan

gelombang radio yang mempunyai rentang frekuensi antara 1-1000 MHz dan dapat mendeteksi parameter permitivitas listrik ( $\epsilon$ ), konduktivitas ( $\sigma$ ) dan permeabilitas magnetik ( $\mu$ ). GPR dapat disebut juga dengan metode refleksi elektromagnetik karena memanfaatkan sifat radiasi elektromagnetik yang memperlihatkan refleksi seperti pada metode gelombang seismik.

Prinsip kerja alat GPR yaitu dengan mentransmisikan gelombang radar (*radio detection and ranging*) ke dalam medium target dan selanjutnya gelombang tersebut dipantulkan kembali ke permukaan dan diterima oleh alat penerima radar (*receiver*), dari hasil refleksi itulah berbagai macam objek dapat terdeteksi dan terekam dalam radargram.



**Gambar 2.** Peralatan GPR yang digunakan dalam kegiatan prospeksi

Peralatan GPR yang digunakan dalam kegiatan prospeksi aspal terdiri dari 1 set alat Geo Radar yang dilengkapi dengan perangkat alat georadar *type Mesa Geo PDA*, antena pengirim dan antena penerima (*Subecho Antenna 150 MHz*), *Cobra PlugIn* penyimpanan data, peralatan display, *survey wheel* dan aksesoris lainnya (Gambar 2).

Peralatan pengeboran terdiri dari 1 set alat bor mesin Longyear 24 dan perlengkapan pendukung yaitu mesin pompa pembilas Shancin 120, mesin pompa pengantar 45, rod dan *casing*, *core barrel* dan perlengkapan lainnya. Pengeboran dilakukan di 8 titik secara *full coring* dengan kedalaman sampai 30 meter.

Analisis asbuton dilakukan di laboratorium PSDMBP dan UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi, Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang, Provinsi Jawa Barat. Terdapat 29 (dua puluh sembilan) sampel aspal yang diuji atau dianalisis. Analisis yang dilakukan di laboratorium PSDMBP sebanyak 25 (dua puluh lima) sampel dengan 7 jenis analisis yaitu; berat jenis, kadar air, kadar minyak, XRD, petrografi organik, proksimat dan ultimat. Sedangkan analisis yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi sebanyak 29 sampel (dua puluh Sembilan) dengan 5 jenis analisis yaitu: kadar aspal, kadar air, penetrasi aspal, titik lembek aspal dan daktilitas aspal. Terdapat 4 buah sampel yang tidak

dilakukan analisis lengkap dikarenakan jumlahnya tidak mencukupi dan merupakan sampel hasil dari *coring* pemboran.

Pengolahan data dilakukan dari data yang diperoleh berdasarkan hasil kegiatan lapangan dan analisis laboratorium. Kedua data hasil kegiatan tersebut kemudian diolah, diinterpretasi, dievaluasi dan digabungkan dalam laporan kegiatan prospeksi yang berisi tentang potensi dan karakteristik endapan aspal/ bitumen padat, konfigurasi bawah permukaan endapan/ cebakan aspal/ bitumen padat dan potensi pemanfaatan dan pengembangan endapan aspal daerah prospeksi.

## **GEOLOGI**

Tatanan tektonik regional daerah prospeksi termasuk bagian dari Anjungan Tukangbesi-Buton. Para ahli geologi berpendapat bahwa Anjungan Tukangbesi-Buton sering bersentuhan dengan Mandala Sulawesi Timur. Mandala Sulawesi Timur dicirikan oleh gabungan dari batuan ultramafik, mafik dan malihan, sedangkan Anjungan Tukangbesi-Buton dicirikan oleh kelompok batuan sedimen pinggiran benua serta batuan malihan berumur Permo-Karbon sebagai batuan alasnya.

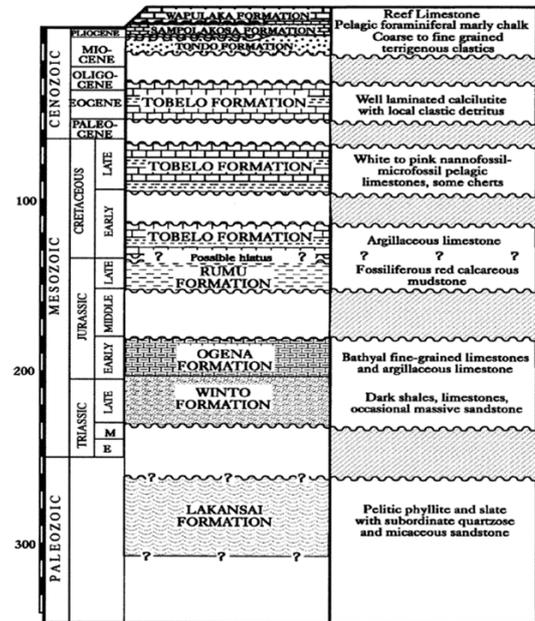
Menurut Sikumbang dkk., (1995), tektonik yang terdapat di Pulau Buton terjadi beberapa kali dimulai sejak Pra-Eosen menghasilkan pola tektonik yang

sukar untuk ditentukan dikarenakan seluruh batuanya telah mengalami beberapa kali lipatan dan penyesaran.

Stratigrafi Pulau Buton tersusun oleh kelompok batuan Mesozoikum dan Kenozoikum. Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Akhir bahkan hingga Paleosen (Pra-Tersier), sedangkan kelompok batuan Kenozoikum berumur Tersier dan Kuartar. Menurut Arifin dan Naibaho (2015), penyebaran batuan Mezoikum terdapat di bagian utara Pulau Buton sekitar daerah Kalisusu serta di Buton Selatan sekitar aliran Sungai Mukito, sedangkan kelompok Kenozoikum didominasi oleh batugamping terumbu yang tersebar di bagian selatan dan tengah Pulau Buton. Berdasarkan stratigrafi Pulau Buton menurut Milsom, dkk., 1999 (Gambar 3) maka Formasi Lakansai merupakan formasi tertua terdiri dari *pelitic phyllites* dan *slate*. Batuan ini tersingkap di wilayah seluas 40 km<sup>2</sup> di timur laut pulau (Satyana, dkk. 2013). Diatasnya diendapkan Formasi Winto secara tidak selaras. Formasi diatasnya terdapat Formasi Ogena, Formasi Rumu, Formasi Tondo, Formasi Sampolakosa dan Formasi Wapulaka.

Peristiwa tektonik yang terjadi pada Anjungan Tukangbesi-Buton menyebabkan terjadinya struktur lipatan berupa antiklin dan sinklin, serta struktur sesar yang terdiri dari sesar naik, sesar normal dan sesar geser mendatar (Sidarto

dan Bachri, 2013 dalam Arifin dan Naibaho, 2015).



Gambar 3. Stratigrafi Pulau Buton (Milsom, dkk. 1999)

Struktur umumnya berarah timur laut s.d. baratdaya di Buton Selatan, kemudian berarah utara s.d. selatan di Buton Tengah, dan utara barat laut hingga selatan tenggara di Buton Utara. Sesar-sesar kecil umumnya memotong struktur utama yang secara garis besar struktur utama berarah sejajar dengan arah memanjangnya tubuh batuan Pra-Tersier (Arifin dan Naibaho, 2015).

Peristiwa tektonik yang terjadi berulang-ulang ini menyebabkan batuan-batuan yang berumur lebih tua mengalami beberapa kali aktifitas struktur, sehingga batuan tua umumnya ditemukan pada lokasi dengan kemiringan lapisan yang relatif tajam (Suryana, 2005).

## HASIL PROSPEKSI

### Pemetaan Geologi dan Pengeboran

Singkapan yang didapatkan dari kegiatan ini adalah sebanyak 25 singkapan. Selain itu dilakukan juga sumur uji sebanyak 4 buah. Secara megaskopis, kenampakan batuan yang mengandung aspal berupa batugamping, klastik dan mengandung aspal berwarna abu-abu kehitaman. Aspal berada dalam batugamping yang mengisi rongga antar butir dan meresap ke dalam bagian yang lebih halus. Setempat masih terlihat nodul gamping berwarna putih (Gambar 4). Singkapan aspal hampir semua berada di Formasi Wapulaka (Gambar 9).



**Gambar 4.** Singkapan aspal di lokasi HD05, Desa Hendea

Kegiatan pengeboran bertujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan aspal. Kegiatan ini dilakukan sebanyak 8 titik dengan kedalaman bervariasi dari 15

meter s.d. 30 meter. Gambar 5, menunjukkan hasil coring aspal di titik bor BHD02 dengan ketebalan lebih dari 11 meter. Hasil kegiatan pengeboran secara lengkap dapat dilihat di Gambar 10.

### Survei Ground Penetrating Radar (GPR)

Survei ini bertujuan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan atau kemenerusan aspal di daerah prospeksi. Peralatan yang digunakan adalah alat georadar *type Mesa Geo PDA*. Antena yang digunakan adalah tipe *semi shielded*.

Kegiatan GPR dilakukan bersamaan dengan kegiatan lainnya selama 45 hari dengan panjang lintasan lebih dari 29,4 km.



**Gambar 5.** Hasil coring aspal di titik BHD02

Lintasan yang dilakukan sebanyak 206 lintasan (Gambar 8). Pola lintasan

umumnya mengikuti pola lintasan dari kegiatan survey geologi dan beberapa lintasan cukup rapat di sekitar lokasi pengeboran.

Hasil pengolahan dan pembuktian dengan melakukan pengeboran, menunjukkan bahwa batuan gamping yang mengandung aspal ini masih belum bisa dibedakan secara jelas melalui alat GPR. Hasil GPR ini berupa tekstur atau pola dari batuan, akan tetapi kami memperkirakan adanya perbedaan secara samar-samar antara batugamping yang mengandung aspal dengan yang tidak. Batugamping yang kosong biasanya bertekstur lebih kuat atau kasar sedangkan yang mengandung aspal umumnya agak *blur* atau tidak jelas.

Pada citra GPR adanya aspal dengan tanah atau soil teksturnya mirip yaitu *blur*, sedangkan dengan batugamping yang tidak terisi aspal terlihat jelas perbedaannya.

Beberapa gambar di bawah ini adalah penampang dari hasil GPR yang telah dilakukan pengolahan dan peningkatan citra sehingga mudah untuk dilakukan interpretasi (Gambar 11 dan 12). Hasil interpretasi citra menunjukkan aspal masih berupa rembesan-rembesan yang mengikuti pola rekahan atau patahan di lokasi prospeksi, sedangkan bentuk geometris endapan atau cebakan utama yang besar tidak teridentifikasi. Hasil interpretasi ini masih perlu dibuktikan dengan geolistrik yang mempunyai

perbedaan nilai sehingga lebih menguatkan.

### **Kualitas Endapan Aspal Daerah Prospeksi**

Kualitas dari endapan aspal diidentifikasi berdasarkan hasil analisis laboratorium. Analisis laboratorium yang dilakukan meliputi analisis proksimat, ultimat, petrografi, retort, ekstraksi batuan aspal buton (asbuton), kadar asbuton, kadar bitumen dan XRD.

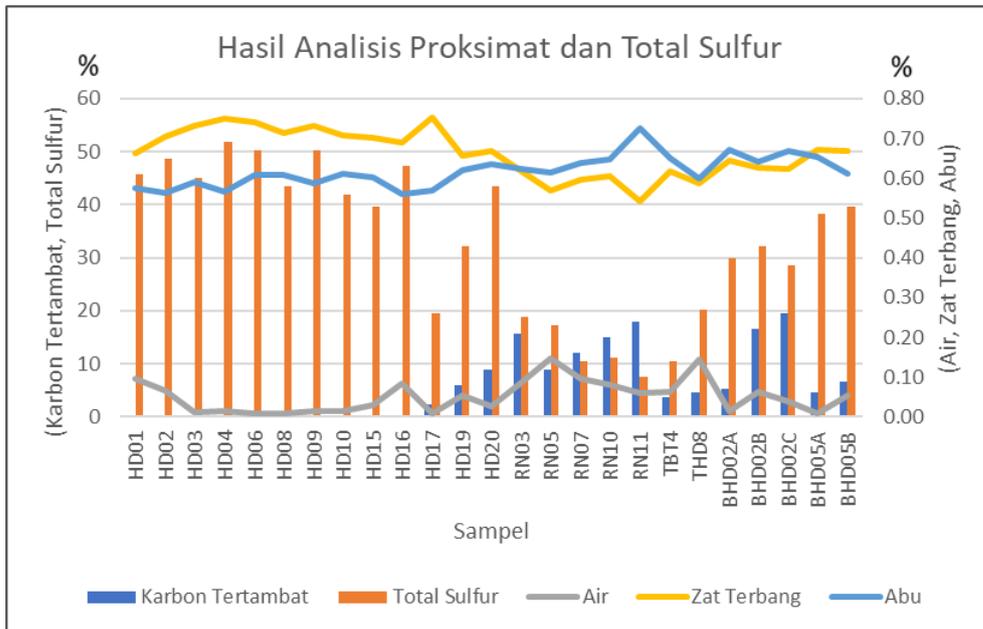
Berdasarkan hasil analisis proksimat dapat disimpulkan bahwa kadar air dalam sampel berkisar 0,58% s.d. 11,10% dengan rata-rata 3,89%. Kadar zat terbang berkisar 40%, 73% s.d. 56,42% dan rata-rata 49,77%. Kandungan abu berkisar 41,95% s.d. 54,46% dengan rata-rata 46,35%. Kandungan karbon tertambat berkisar 0,00% s.d. 0,26% dengan rata-rata 0,12%. Terakhir untuk total sulfur kadarnya berkisar

0,10% s.d. 0,69% dan rata-rata 0,44%. Dari hasil analisis ini menunjukkan bahwa batuan yang mengandung aspal didominasi oleh kandungan zat terbang. Zat terbang ini merupakan material yang mudah terbakar. Berdasarkan grafik analisis proksimat diatas kandungan sampel didominasi oleh zat terbang dan abu berkisar diatas 40% sampai dibawah 60%, ditunjukkan dengan garis berwarna kuning. Sedangkan karbon tertambat dan total sulfur berada di bawah 1% (Gambar 6).

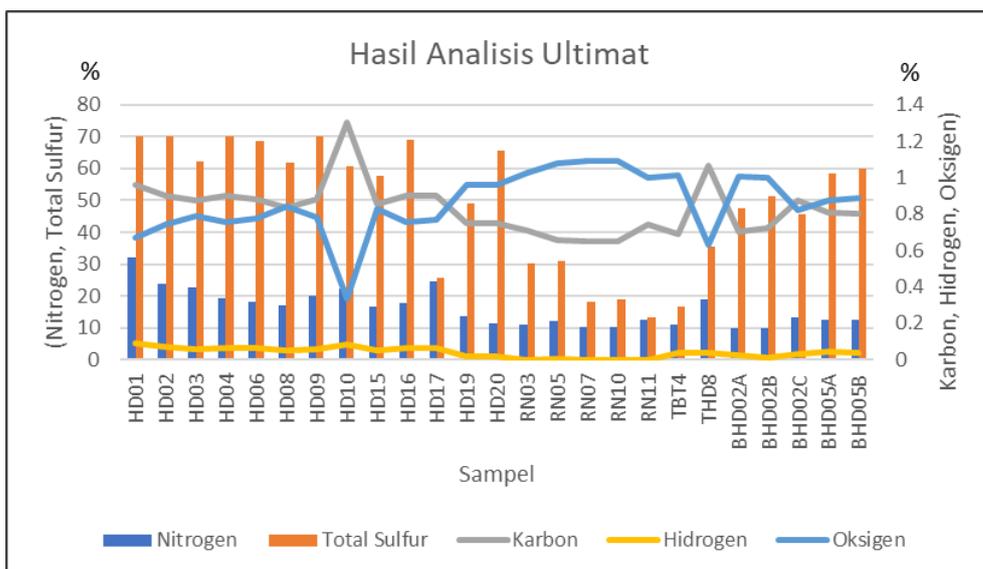
Berdasarkan hasil analisis ultimat, kandungan terbanyak didominasi oleh kandungan oksigen berkisar 19,22% s.d. 62,40% dan rata-rata 49,13%. Kedua kandungan karbon berkisar 37,08% s.d. 74,41% dan rata-rata 47,46%. Ketiga hidrogen berkisar 0,01% s.d. 5,13% dan rata-rata 2,26%. Keempat Nitrogen

berkisar 0,17% s.d. 0,56% dan rata-rata 0,28%. Terakhir kandungan total sulfur berkisar 0,23% s.d. 1,23% dengan rata-rata 0,86%.

Grafik hasil analisis ultimat oksigen dan karbon menempati urutan teratas ditunjukkan dengan garis berwarna biru dan abu-abu (Gambar 7).



Gambar 6. Grafik hasil analisis proksimat



Gambar 7. Grafik hasil analisis ultimat

Hasil analisis retort pada batuan yang mengandung aspal menunjukkan bahwa kandungan minyak bervariasi dari 14 liter/ton s.d. 250 liter/ton. Kandungan terbesar ada pada sampel HD01 yang berada di Desa Hendea sedangkan terkecil ada pada sampel RN11 berada di perbatasan Desa Hendea dengan Desa Khangkongkhea.

Hasil analisis petrografi material organik dari 25 sampel batuan yang mengandung aspal menunjukkan komposisi maseral pada sampel ditemukan sedikit vitrinit berkisar 0,2% s.d. 3,0% dengan nilai rata-rata reflektan vitrinit berkisar 0,27% s.d. 0,39%. Material lain yang mendominasi yaitu lempung, aspal, oksida besi, pirit dan mineral karbonat. Mineral pirit sebagian nampak bertekstur framboidal. Sedangkan kenampakan aspal pada sampel berkisar 0,2% s.d. 25,6%.

Tabel 2 di bawah adalah hasil analisis/uji aspal terdiri dari kadar aspal, kadar air, penetrasi, titik lembek dan daktilitas. Kadar aspal berkisar dari 2,83% s.d. 29,19%. Kadar air berkisar dari 0,1% s.d. 4,40% dengan rata-rata 0,74%, untuk penetrasi berkisar 1,00% s.d. 11,00% dengan rata-rata 3,03%, daktilitas berkisar 0,20% s.d. 4,00% dengan rata-rata 0,58%, untuk titik lembek berkisar 69,50% s.d. 86,80% dengan rata-rata 83,66%.

Berdasarkan karakteristik aspal dari sampel yang diuji di atas, merujuk pada tabel spesifikasi umum 2018

(Revisi2) mengenai ketentuan asbuton butir untuk Daerah Hendea termasuk jenis Asbuton Butir B5/20 atau Tipe Kabungka.

Selain analisis diatas dilakukan pula analisis XRD untuk mengetahui kandungan mineral dari batuan pembawa aspal dan bitumen padat. Hasil analisis XRD menunjukkan mineral yang terkandung dalam batuan terdiri dari kalsit, kutnohorit dan aragonit.

### **Kuantitas Endapan Aspal**

Perhitungan kuantitas berdasarkan kondisi dari singkapan dan hasil dari pengeboran. Hasil penyelidikan dari kegiatan sebelumnya melakukan perhitungan berdasarkan pola perlapisan. Setelah dilakukan kegiatan pengeboran di eksplorasi ini menunjukkan bahwa sebaran aspal tidak mengikuti pola perlapisan, akan tetapi membuat suatu pola rembesan mengikuti zona lemah dari rekahan-rekahan batuan gamping. Rekahan-rekahan ini merupakan bagian dari kelurusan atau patahan dan masih berada pada sabuk aspal.

Berdasarkan hasil beberapa analisis dapat disimpulkan bahwa daerah Hendea terdapat batuan dengan kandungan aspal rata-rata diatas 10%, sedangkan di daerah perbatasan dengan Desa Khangkongkhea kadar aspalnya dibawah 10 % (RN05, RN07, RN10 dan RN11). Berdasarkan parameter untuk Daerah Hendea termasuk jenis asbuton butir B5/20 (Tabel 1).

Tabel 1. Daftar jenis Asbuton dan kelas jalan yang dilalui

No.	Jenis Asbuton		Jenis Teknologi	Kelas Lalu Lintas Jalan					Alat Khusus
				I	II	III	IV	V	
1.	Asbuton Butir	B 5/20	Campuran Panas	-	√	√	-	-	-
		B 50/30	Campuran Panas	-	-	√	√	√	Asbuton Feeder System
			CPHMA	-	-	-	√	√	-
			LPMA	-	-	-	√	√	Lump Breaker
			Butur Seal	-	-	-	-	√	Lump Breaker
2.	Asbuton Pracampur	Campuran Panas	-	√	√	-	-	Pengaduk aspal	
3.	Asbuton Murni	Campuran Panas	-	-	√	√	√	-	

Catatan:

- a) Kelas lalu lintas jalan kumulatif selama umur rencana: I = Lalu lintas >30 Juta ESAL; II = Lalu lintas 10-30 Juta ESAL; III = Lalu lintas 4 - 10 Juta ESAL, IV = Lalu lintas 0,1 - 4 Juta ESAL, V = Lalu lintas < 0,1 Juta ESAL.

Hasil pengeboran menunjukkan di lokasi BHD02 terdapat aspal dengan ketebalan 11 meter. Akan tetapi tidak menunjukkan kemenerusan di sumur-sumur yang lain.

Perhitungan sumberdaya dipisahkan menjadi dua, yaitu tereka dan hipotetik. Sumberdaya tereka berada disekitar lokasi pengeboran dengan radius yang tidak terlalu jauh. Sedangkan hipotetik berada di luar area tersebut atau di singkapan-singkapan lainnya.

Hasil perhitungan sumberdaya tereka dengan jumlah batuan yang mengandung aspal sebesar 195.000 ton dan sumber daya aspal 41.386 ton. Sedangkan untuk sumber daya hipotetik jumlah batuan yang mengandung aspal

sebesar 1.049.100 ton dan sumber daya aspal 162.700 ton.

## PEMBAHASAN

Kegiatan pengeboran merupakan pembuktian dari beberapa rangkaian kegiatan sebelumnya. Kegiatan diawali dari pemetaan singkapan batuan yang mengandung aspal singkapan terlebih dahulu, setelah itu dilakukan pengukuran geofisika melalui GPR.

Data GPR yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan dan peningkatan citra. Hasil yang didapatkan dari pengolahan GPR ini masih belum bisa menunjukkan perbedaan yang jelas antara batugamping yang mengandung aspal dan tidak. Berdasarkan interpretasi,

diperkirakan hasil citra yang agak buram atau *blur* ada kemungkinan mengandung aspal dibandingkan dengan pola citra yang tegas atau jelas. Sebagai contoh di lokasi Bor 8 atau BH8 dilakukan pengeboran di lokasi yang mempunyai pola yang sangat jelas dan didapatkan hasil sampai dengan kedalaman 30 meter tidak ditemukan rembesan aspal. Di lokasi bor BH6 dan BH7 juga tidak ditemukan aspal, akan tetapi di sekitar lokasi terdapat singkapan dan tespit yang mengandung aspal.

### **Prospek Pemanfaatan dan Pengembangan**

Berdasarkan hasil analisis laboratorium dan parameter acuan, batuan yang mengandung aspal di Daerah Hendea sebagian besar termasuk pada tipe B5/20.

Tipe B5/20 ini termasuk jenis Asbuton Butir, bisa diaplikasikan atau dimanfaatkan untuk kelas lalu lintas jalan tipe II dan III dan jenis teknologinya adalah campuran panas (Tabel 1).

Pengembangan penyelidikan bisa dilakukan kearah Desa Sandang Pangan di sebelah selatan yang masih merupakan jalur aspal. Selain itu untuk metode geofisika yang dilakukan bisa mengkombinasikan metode GPR ini dengan menggunakan geolistrik. Kombinasi ini akan mendapatkan data berupa gambaran citra batuan bawah permukaan hasil GPR dengan data bawah

permukaan yang mempunyai nilai tahanan jenis atau resistivitas batuan hasil pengukuran geolistrik.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil uraian di atas, kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan prospeksi sebagai berikut :

1. Singkapan yang mengandung aspal berada di Formasi Sampolakosa dan Formasi Wapulaka sebanyak 25 buah.
2. Hasil pengeboran sebanyak 8 titik didapatkan ketebalan aspal bervariasi dari 0,4 meter s.d. 11,4 meter.
3. Berdasarkan hasil analisis, karakteristik asbuton rata-rata kadar aspal berkisar dari 17,81, rata-rata kadar air 0,74%, rata-rata penetrasi 3,03 mm, rata-rata daktilitas 0,58 cm dan rata-rata titik lembek 83,66 °C maka tipe aspal daerah eksplorasi termasuk tipe B5/20.
4. Sumberdaya tereka dengan jumlah batuan mengandung aspal sebesar 195.000 ton dan sumber daya aspal 41.386 ton. Sedangkan untuk sumber daya hipotetik jumlah batuan mengandung aspal sebesar 1.049.100 ton dan sumber daya aspal 162.700 ton.
5. Pola endapan aspal masih berupa rembesan yang mengikuti pola rekahan atau patahan sedangkan

bentuk geometri cebakan utama tidak teridentifikasi.

### Saran

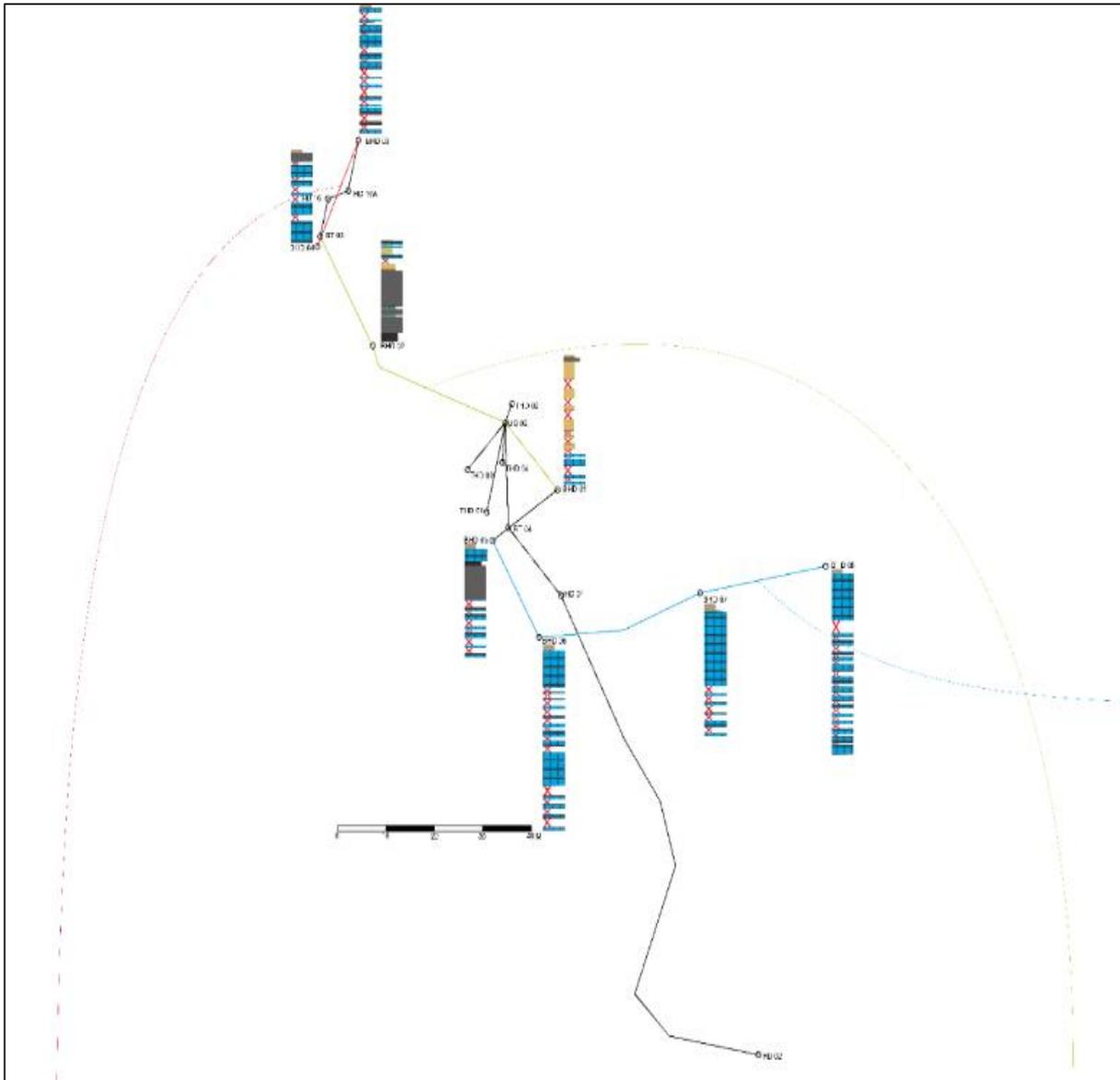
Berdasarkan hasil prospeksi, penyelidikan bisa dikembangkan kearah

Selatan ke Desa Sandang Pangan yang masih merupakan kemenerusan jalur aspal. Selain itu untuk metode geofisika yang dilakukan bisa mengkombinasikan metode GPR ini dengan menggunakan geolistrik

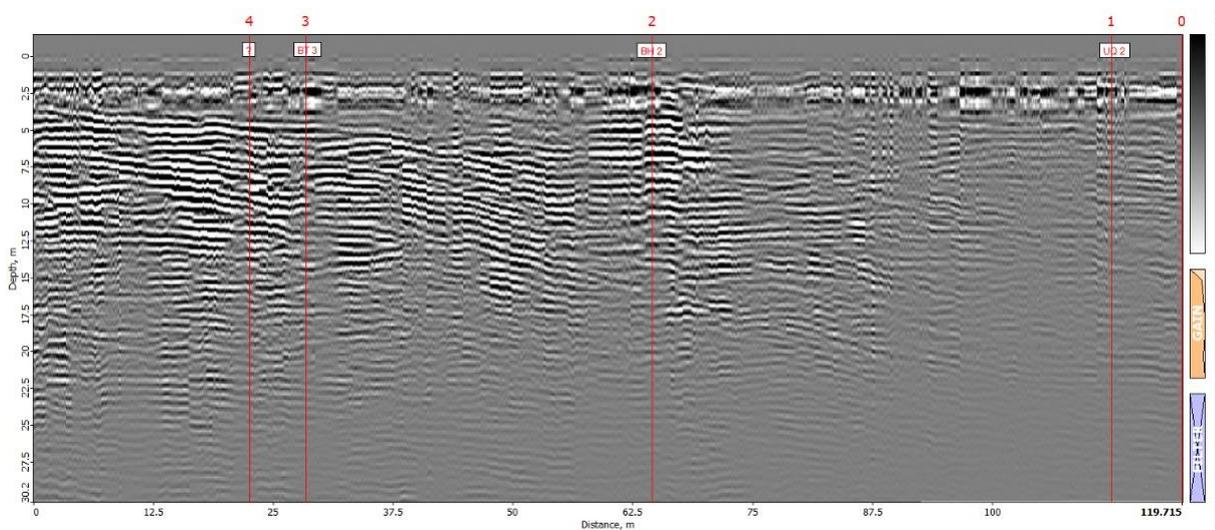
### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, L. dan Naibaho, T. (2015): Struktur geologi di perairan Pulau Buton Selatan, *Jurnal Geologi Kelautan*, 13, 3, 143-151. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- BPS Kabupaten Buton (2022): Kabupaten Buton Selatan dalam Angka 2022, Badan Pusat Statistik Kabupaten Buton.
- Milsom, J.S., Ali, J.R., Sudarwono (1999): Structure and collision history of the Buton continental fragmen, Eastern Indonesia, *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v. 83, n0. 10.
- Satyana, A.H., Irawan, C., Kurniawan, W., (2013): Revisit Geology and Geochemistry of Buton Asphalt Deposits, SE Sulawesi: Implication for Petroleum Exploration of Buton Area, *Proceedings, Indonesian Petroleum Association*, 37<sup>th</sup>.
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R., P., B., Gafoer, S. (1995): *Peta geologi lembar Buton skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suryana, A. (2005): Inventarisasi endapan bitumen padat dengan *outcrop drilling* di daerah Kulisusu dan sekitarnya, Kabupaten Muna, Provinsi Sulawesi Tenggara (Lembar Peta: 2211-34, 2211-62, 2311-13, 2311-41), *Prosiding Subdit Batubara*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.

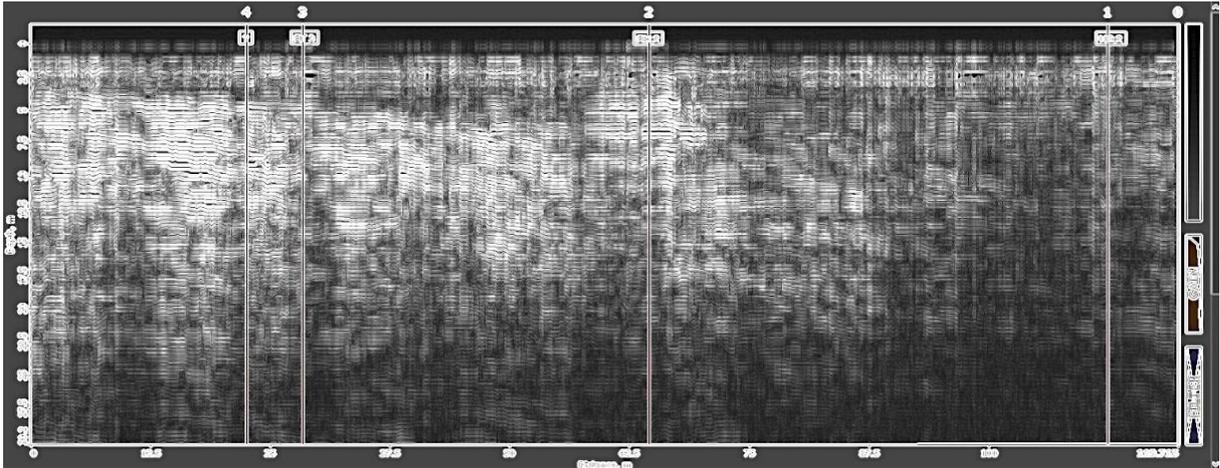




Gambar 10. Penampang dan sebaran titik bor juga singkapan di daerah prospeksi



Gambar 11. Data hasil pengolahan GPR yang melewati titik bor BH2 dan singkapan



**Gambar 12.** Data hasil peningkatan citra GPR yang melewati titik bor BH2 dan singkapan

**Tabel 2.** Tabulasi hasil analisis kadar aspal, kadar air, penetrasi, daktilitas, dan titik lembek di daerah prospeksi

Jenis Pengujian							
No	Kode Sampel	Kadar Aspal (%)	Kadar Air (%)	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	Daktilitas Pada 25 25°C (cm)	Titik Lembek (°C)	
1	HD01	29,17	1,5	2	0,4	84,0	
2	HD02	25,62	1,0	2	0,4	84,0	
3	HD03	20,12	0,4	2	0,4	84,1	
4	HD04	20,41	0,4	4	0,5	83,7	
5	HD06	19,43	0,3	3	0,5	84,3	
6	HD08	22,92	0,1	4	0,4	83,7	
7	HD09	17,49	0,4	5	0,5	83,3	
8	HD10	17,97	0,3	1	0,3	86,5	
9	HD15	19,86	0,3	2	0,3	84,4	
10	HD16	27,93	1,2	3	0,4	84,2	
11	HD17	16,84	0,4	3	0,4	84,1	
12	HD19	11,43	0,1	2	0,3	84,0	
13	HD20	13,21	1,6	4	0,5	83,8	
14	RN03	11,18	0,2	1	0,3	86,6	
15	RN05	3,79	0,3	1	0,2	86,4	
16	RN07	7,64	0,2	1	0,2	86,6	
17	RN10	8,04	0,2	2	0,3	84,2	
18	RN11	2,83	0,2	1	0,2	86,4	
19	TBT3	10,08	0,2	1	0,2	86,4	
20	THD7	13,06	4,4	1	0,2	85,6	
21	BHD01	29,19	0,4	10	3,0	69,8	
22	BHD03	19,14	0,3	3	0,4	84,2	
23	BHD04	28,20	0,6	1	0,2	86,8	
24	BHD02A	20,13	0,9	5	0,5	83,4	
25	BHD02B	17,78	0,6	3	0,4	84,0	
26	BHD02C	16,73	0,3	4	0,5	83,6	
27	BHD02D	24,93	3,6	11	4,0	69,5	
28	BHD05A	20,10	0,4	3	0,4	84,2	
29	BHD05B	21,34	0,7	3	0,5	84,4	



## EKSPLORASI PENDAHULUAN PROSPEKSI BATUBARA GEOLOGI DAN GEOFISIKA DAERAH SUNGAI AKAR, KABUPATEN INDRAGIRI HULU, PROVINSI RIAU

**Sigit A. Wibisono<sup>1</sup>, M. Arief Pinandita<sup>1</sup>, Sandi Rukhimat, Rizki Satria Rachman<sup>1</sup>,  
Feddi Ervianna<sup>1</sup>, Ujang Rustandi<sup>1</sup>, Ibnu Sina<sup>1</sup>, dan Uju Darsita<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara,

<sup>2</sup>Kelompok Kerja Pelayanan Sarana Penyelidikan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Kegiatan Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Batubara Geologi dan Geofisika Daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau merupakan tindak lanjut kegiatan survei tinjau pada tahun 2016 yang bertujuan meningkatkan data potensi dan status keprospekan sumber daya batubara dan gas metana batubara (GMB) dalam rangka penyusunan wilayah pertambangan (WP) batubara, wilayah keprospekan GMB serta melengkapi bank data potensi sumber daya energi nasional.

Formasi pembawa batubara di daerah prospeksi adalah Formasi Lakat (Toml) berumur Oligosen s.d. Miosen Awal dan Formasi Muaraenim (Tmpm) berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen. Kenampakan megaskopis batubara yang ditemukan umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, mengotori tangan, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm, terdapat pirit, *cleat cubical*.

Kegiatan dilakukan dengan menggunakan metode pemetaan geologi permukaan, pengeboran, survey seismik, dan analisis laboratorium. Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap 31 sampel batubara meliputi proksimat, ultimat, nilai kalori, total sulfur, abu, petrografi (reflektansi vitrinit dan komposisi maseral), dan *adsorption isotherm*.

Hasil analisis proksimat, ultimat, nilai kalori, reflektansi vitrinit, dan total sulfur menunjukkan peringkat batubara subbituminus s.d. bituminus dengan kandungan sulfur rata-rata yang relatif sedang. Hasil analisis komposisi maseral menunjukkan tipe batubara umumnya didominasi oleh kelompok maseral vitrinit. Hasil analisis komposisi maseral mengindikasikan mikrolitotipe dominan *duroclarite* yang terendapkan pada lingkungan fluvial. Hasil analisis abu menunjukkan nilai pembukuan uap terak (*slagging index*) relatif rendah dan indeks penerakan (*fouling index*) relatif rendah s.d. sedang. Hasil analisis *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> terindikasi bahwa kapasitas serap (*capacity storage*) pada basis *as received* (ar) relatif lebih rendah dibandingkan kapasitas serap (*capacity storage*) basis *dry ash free* (daf).

Potensi batubara permukaan di daerah prospeksi dengan kedalaman <100 meter sebesar 3,63 juta ton dengan klasifikasi inventori tertunjuk dan target eksplorasi berkisar 0,41 juta ton s.d. 0,83 juta ton. Selain itu, potensi batubara bawah permukaannya dengan kedalaman > 100 meter dengan klasifikasi target eksplorasi berkisar 8,71 juta ton s.d. 17,42 juta dengan jumlah GIIP gas CH<sub>4</sub> berkisar 0,68 Bcf s.d. 1,35 Bcf dan GIIP gas CO<sub>2</sub> berkisar 2,67 Bcf s.d. 5,34 Bcf.

**Kata kunci:** Batubara, Peringkat, Tipe, Kapasitas Serap, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Potensi.

## **PENDAHULUAN**

Batubara merupakan salah satu sumber energi fosil yang memiliki jumlah sumber daya relatif melimpah di Indonesia. Berdasarkan data Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) status tahun 2022, jumlah sumber daya batubara sebesar 99,19 miliar dengan rincian sumber daya tereka 26,58 miliar ton, sumber daya tertunjuk 32,72 miliar ton, dan sumber daya terukur 39,89 miliar ton, sedangkan jumlah cadangan batubara sebesar 35,05 miliar ton dengan rincian cadangan terkira 16,78 miliar ton dan cadangan terbukti 18,27 miliar ton. Jumlah sumber daya dan cadangan batubara tersebut sebagian besar tersebar di Pulau Sumatra dan Kalimantan (PSDMBP, 2022).

Karakteristik batubara dapat diidentifikasi berdasarkan tingkat kematangan (peringkat) dan komposisi material organik penyusunnya (tipe). Pengetahuan tentang peringkat dan tipe dapat membantu dalam memberikan arahan strategi eksplorasi dan

pemanfaatan batubara di masa yang akan datang.

Peringkat batubara berhubungan dengan tingkat kematangan dan salah satu atau kombinasi dari parameter tekanan, suhu, dan waktu geologi pada saat pembentukan batubara (*coalification*), sedangkan tipe batubara berhubungan dengan material organik penyusunnya. Maseral adalah material organik dalam batubara yang dapat terlihat menggunakan mikroskop yang terbagi menjadi 3 kelompok utama yaitu vitrinit, liptinit, dan inertinit. Kelompok maseral utama dalam batubara dapat dianalogikan sebagai kerogen yang merupakan asal mula pembentuk hidrokarbon (Pashin, 2008).

Berdasarkan komposisi maseral, hidrogen, oksigen, unsur kimia, dan proporsi hidrokarbon, kerogen dapat dikelompokkan menjadi 4 tipe yaitu Tipe I, Tipe II, Tipe III, dan Tipe IV (Tissot dan Welte, 1984). Batubara termasuk kerogen Tipe III yang sebagian besar terdiri dari maseral vitrinit yang mempunyai kecenderungan untuk menghasilkan dan menyimpan gas dalam jumlah besar serta

rasio oksigen-karbon umumnya menurun dengan peningkatan peringkat batubara dari lignit ke antrasit (Mastalerz dkk, 2004).

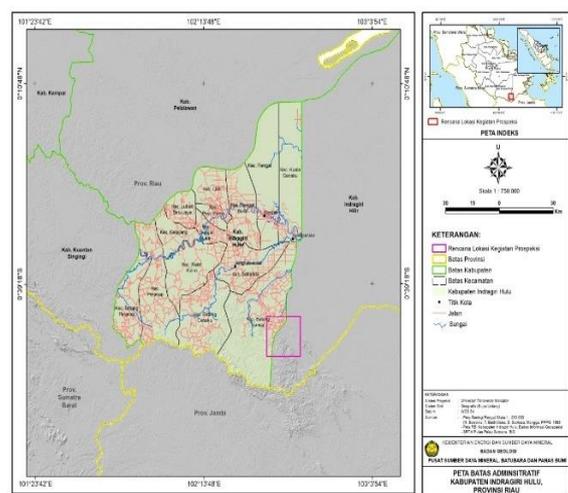
Abu batubara dapat digunakan untuk mengetahui nilai pembukuan uap terak (*slagging index*) dan indeks penerakan (*fouling index*). Abu dari pembukuan uap terak dan penerakan merupakan suatu masalah yang dapat menyebabkan suatu proses gasifikasi batubara menjadi tidak stabil (Monika dan Sulistyohadi, 2019)

Kegiatan prospeksi batubara di daerah Sungai Akar bertujuan mendapatkan penambahan data potensi dan peningkatan status keprospekan sumber daya batubara dan gas metana batubara (GMB) dalam rangka penyusunan wilayah pertambangan (WP) batubara, wilayah keprospekan GMB, konfigurasi lapisan (*seam*) batubara bawah permukaan serta melengkapi bank data potensi sumber daya energi nasional menggunakan data pemetaan geologi permukaan, pengeboran, survey seismik, dan analisis laboratorium.

**METODOLOGI**

Kegiatan eksplorasi terfokus pada *seam* batubara Formasi Lakat, Daerah Sungai Akar (Gambar 1). Data yang digunakan berasal dari pemetaan geologi permukaan, pengeboran, seismik serta analisis laboratorium. Pemetaan geologi permukaan meliputi; pengamatan singkapan batubara dan non batubara,

deskripsi litologi, pengukuran arah jurus (*strike*) dan kemiringan (*dip*) serta ketebalan, kolom stratigrafi, serta pemercontohan batubara. Pengeboran meliputi; penentuan titik lokasi bor, deskripsi inti bor dan pemercontohan batubara. Survey sesimik meliputi; pengukuran, penyimpanan, dan pengolahan data seismik.



**Gambar 1.** Lokasi kegiatan prospeksi

Sebanyak 31 sampel batubara diperoleh dari kegiatan pemetaan geologi permukaan dan pengeboran. Analisis yang dilakukan meliputi analisis proksimat yang mengacu pada ASTM D7582-12, ultimat (Belkin dkk., 2010; Baihaqi dkk., 2017; Rautenbach dkk., 2018; Wibisono dkk., 2019), nilai kalori, total sulfur, abu, dan reflektansi vitrinit dan komposisi maseral dengan petrografi (Cook, 1982; Teichmuller, 1989; Diessel, 1992; Taylor dkk., 1998; Scott, 2002; Amijaya dan Littke, 2005; Baihaqi dkk., 2017; Wibisono dkk., 2019).

**GEOLOGI**

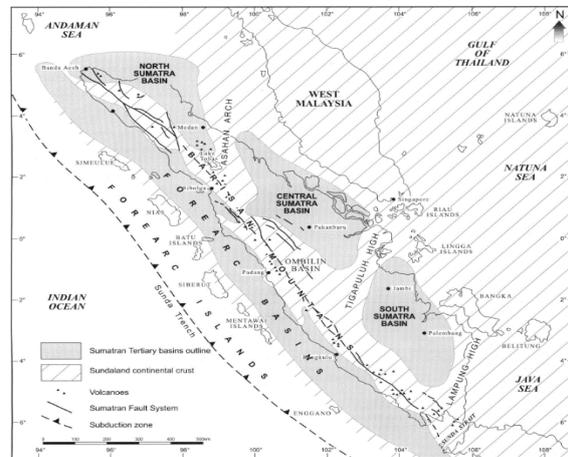
Daerah prospeksi berada Cekungan Sumatra Tengah merupakan salah satu cekungan busur belakang di Pulau Sumatra, berkembang di sepanjang tepi barat dan selatan Paparan Sunda terletak di barat daya Asia Tenggara. Pada bagian barat laut, Cekungan Sumatera Tengah berbatasan dengan Cekungan Sumatra Utara yang dipisahkan oleh Busur Asahan (Asahan Arch), sedangkan pada bagian tenggara berbatasan dengan Cekungan Sumatra Selatan yang dipisahkan oleh Tinggian Tigapuluh (Tigapuluh High) (Barber dkk., 2005).

Formasi Lakat (Toml) dan Formasi Muaraenim (Tmpm) merupakan formasi pembawa batubara di Cekungan Sumatra Tengah yang berada di daerah prospeksi.

**HASIL PROSPEKSI**

**Pemetaan Geologi dan Pengeboran**

Berdasarkan hasil kegiatan pemetaan, geologi daerah prospeksi dibedakan menjadi 8 satuan batuan dari umur tua ke muda sebagai berikut; satuan malihan, satuan pegmatit, satuan batupasir, satuan batulempung sisipan batubara, satuan batulempung, satuan batupasir-batulempung sisipan batubara, satuan batupasir-batulempung, serta endapan aluvial dan gambut (Tabel 1).

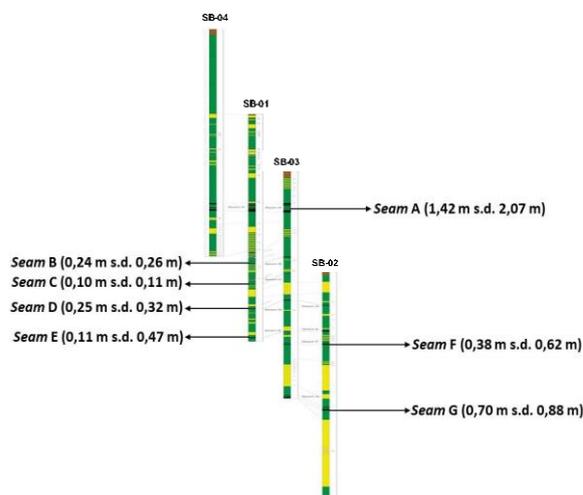


**Gambar 2.** Tataan teknik daerah prospeksi (Barber dkk, 2005)

**Tabel 1.** Stratigrafi daerah prospeksi

UMUR	SATUAN BATUAN	KETERKAITAN FORMASI	LITOLOGI
KUARTER	HOLOSEN	Aluvium	Lempung, lumpur, lanau dan gambut
	PLISTOSEN	Kesal > Kerumutan	Batupasir kasar berwarna putih kehitaman, klastik, masif, bentuk butir kasar, bentuk angular, well sorted, matrix supported. Batulempung berwarna abu-abu kaputihan, klastik, masif, well sorted, matrix supported.
TERSIER	PLIOSEN	Muaraenim	Batupasir kerikilan berwarna cokelat kemerahan, klastik, masif, ukuran butir kasar, bentuk butir subangular, poorly sorted, grain supported.
		Airbenakat	Batulempung berwarna abu-abu kaputihan, klastik, masif, well sorted, grain supported.
	TENGAH	Gumai	Batulempung berwarna abu-abu kaputihan, klastik, masif, well sorted, matrix supported
	AWAL	Tualang	Batulempung berwarna cokelat keabu-abuan, klastik.
	Lakat	Batubara, berwarna cokelat kehitaman, kilap 50%, gores hitam kacokelatan, keras, kontak tajam dan datar.	
OLIGOSEN			Batupasir kasar berwarna cokelat kemerahan, klastik, masif, ukuran butir kasar, bentuk butir subangular, well sorted, matrix supported
EOSEN			
PALEOSEN			
PRATERSIER	KAPUR		
	JURA	Granit Akar	Pegmatit berwarna putih kehitaman, masif, massa dasar berukuran 5 - 20 mm, fenokris berukuran 30 - 50 mm, holokristalin, bening, tidak bermetamorfosis
	TRIAS		
	PEREM	Angren, Cendong, Formasi Mentawai, Batubara	Filit berwarna abu-abu, kristaloblastik, subidioblastik, nematoblastik.
	KARBON	Pingabuan	Meta sandstone berwarna abu-abu dan merah, relic, subidioblastik, granoblastik, terdapat mineral lempung. Batubara berwarna abu-abu, foliasi slaty cleavage, kristaloblastik, komposisi berupa material ukuran lempung

Hasil kegiatan pemetaan geologi permukaan termasuk pembuatan sumur uji dan pengeboran mengidentifikasi 7 (tujuh) *seam* yang diberi notifikasi *seam A*, *seam B*, *seam C*, *seam D*, *seam E*, *seam F*, dan *seam G* dengan ketebalan berkisar 0,10 meter s.d. 2,07 meter (Gambar 3). Ketujuh *seam* tersebut seluruhnya berada pada satuan batulempung sisipan batubara dari Formasi Lakat dengan kenampakan megaskopis umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, mengotori tangan, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm, terdapat pirit, *cleat cubical*. Arah jurus *seam* batubara pada satuan batulempung sisipan batubara dari Formasi Lakat berkisar  $180^{\circ}$  s.d.  $330^{\circ}$  serta kemiringan berkisar  $6^{\circ}$  s.d.  $28^{\circ}$ .



**Gambar 3.** Identifikasi korelasi *seam* batubara (tanpa skala) di daerah prospeksi

Morfologi daerah prospeksi berdasarkan van Zuidam (1982) terbagi menjadi 3 satuan yaitu satuan dataran

bergelombang landai, satuan dataran bergelombang miring, dan satuan perbukitan bergelombang (Gambar 3).

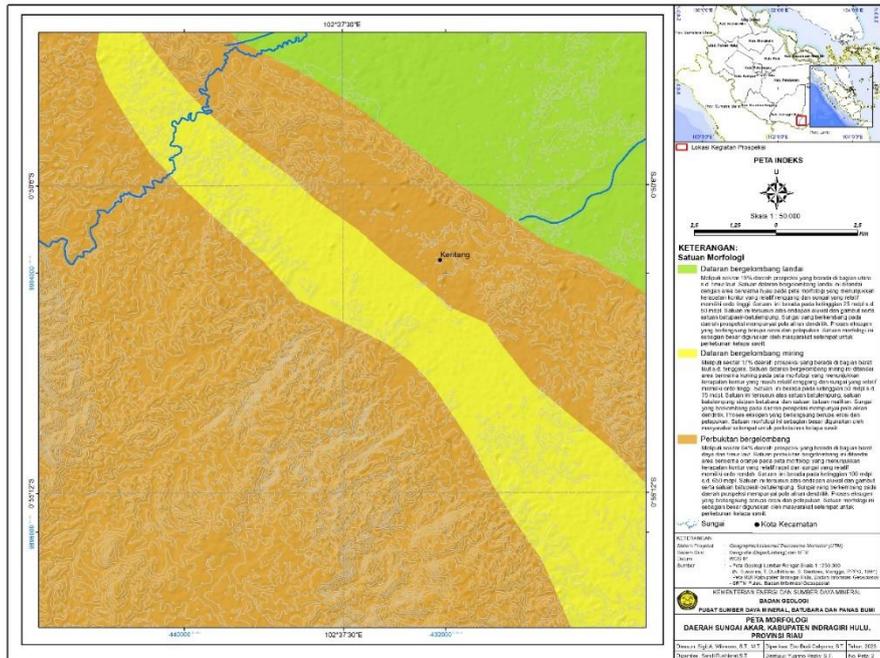
Satuan dataran bergelombang landai meliputi sekitar 19% daerah prospeksi yang berada di bagian utara s.d. timur laut. Satuan dataran bergelombang landai ini ditandai dengan area berwarna hijau pada peta morfologi yang menunjukkan kerapatan kontur yang relatif renggang dan sungai yang relatif memiliki ordo tinggi. Satuan ini berada pada ketinggian 25 mdpl s.d. 50 mdpl serta tersusun atas endapan aluvial dan gambut serta satuan batupasir-batulempung. Sungai yang berkembang pada daerah prospeksi mempunyai pola aliran dendritik.

Satuan dataran bergelombang miring meliputi sekitar 17% daerah prospeksi yang berada di bagian barat laut s.d. tenggara. Satuan dataran bergelombang miring ini ditandai dengan area berwarna coklat kuning pada peta morfologi yang menunjukkan kerapatan kontur yang masih relatif renggang dan sungai yang memiliki ordo tinggi. Satuan dataran bergelombang miring ini berada pada ketinggian 50 mdpl s.d. 75 mdpl dan memiliki sungai dengan pola aliran dendritik. Satuan ini tersusun atas satuan batulempung, satuan batulempung sisipan batubara dan satuan malihan.

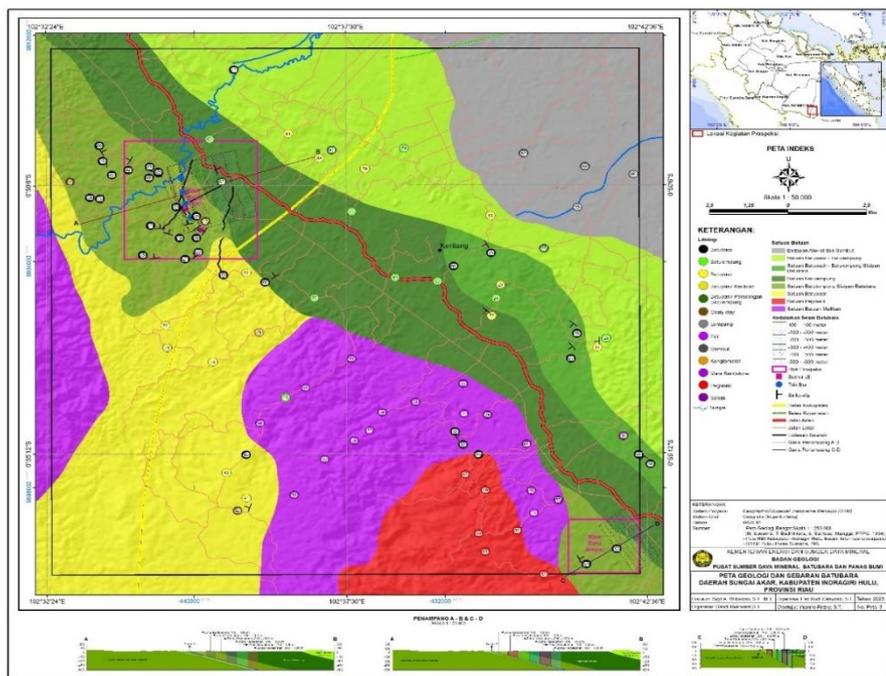
Satuan perbukitan bergelombang meliputi sekitar 64% daerah prospeksi yang berada di bagian barat daya dan timur laut. Satuan perbukitan bergelombang ini

ditandai dengan kerapatan kontur yang relatif rapat. Satuan perbukitan bergelombang berada pada ketinggian 100 mdpl s.d. 650 mdpl. Satuan ini tersusun atas satuan batupasir-betulempung, satuan batupasir-batulempung sisipan

batubara, satuan batulempung, satuan batupasir, satuan malihan, satuan pegmatit dan satuan batulempung sisipan batubara. Peta morfologi dan geologi serta sebaran batubara dapat dilihat berturut-turut pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Peta morfologi daerah prospeksi



Gambar 5. Peta geologi dan sebaran batubara daerah prospeksi

### Seismik

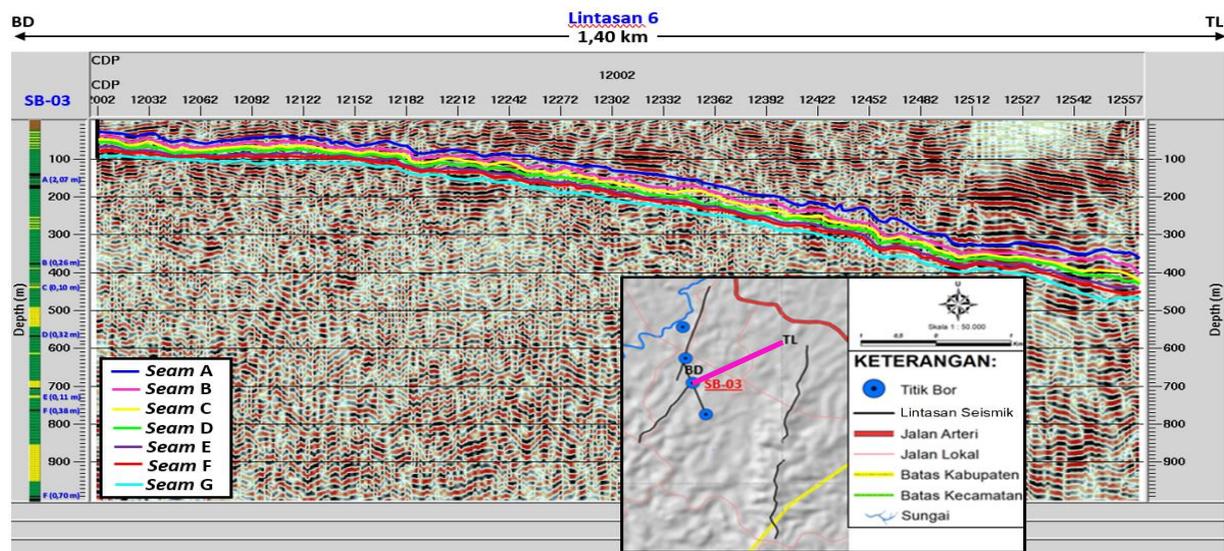
Hasil pengolahan data seismik mengindikasikan bahwa seluruh *seam* batubara pada satuan batulempung sisipan batubara dari Formasi Lakat ini menerus ke arah timur laut ujung lintasan dengan kemiringan yang relatif datar dan semakin besar kemiringannya mulai dari bagian tengah hingga ujung Lintasan 6. Kemenerusan seluruh *seam* batubara (*Seam A* s.d. *Seam G*) di ujung timur laut lintasan diperkirakan berada pada kedalaman 300 m s.d. 500 m (Gambar 6).

### Analisis Laboratorium

Sebanyak 31 sampel batubara yang berasal dari daerah prospeksi dilakukan analisis kimia (proksimat dan ultimat), air bebas atau *free moisture* (FM), air total atau *total moisture* (TM), berat jenis atau *specific gravity* (SG), indeks muai bebas atau *free swelling index* (FSI), indeks kemudahan digerus atau *hardgrove*

*grindability index* (HGI), nilai kalori atau *calorific value* (CV), sulfur total atau *total sulphur* (TS), fisika (petrografi) dan abu *major* di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), sedangkan analisis *adsorption isotherm* dilakukan di laboratorium Energy Resources Consulting Pty Ltd (ERC), Australia. Kode SB, SP dan SU dalam kolom kode sampel pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, Tebl 6, dan Tabel 7 menerangkan bahwa sampel batubara berasal dari inti bor (SB), singkapan (SP) dan sumur uji (SU).

Berdasarkan hasil analisis proksimat, batubara daerah prospeksi memiliki nilai lengas (M) berkisar 2,37% s.d. 6,63% (adb), karbon tertambat (FC) berkisar 10,47% s.d. 52,60% (adb), abu (A) berkisar 19,71% s.d. 44,17% (adb), zat terbang (VM) berkisar 3,17 % s.d. 67,36% (adb) (Tabel 2).



Gambar 6. Interpretasi seismik Lintasan 6

**Tabel 2.** Tabulasi hasil analisis proksimat, total sulfur, HGI, abu, air bebas, air total, berat jenis dan kalori batubara

Kode Sampel	FM	TM	M	VM	FC	Ash	TS	SI	HGI	SG	CV	Seam
	% (ar)		% (adb)					(adb)			kal/g (adb)	
SB-01.A	8,99	11,66	2,93	36,59	32,21	28,28	1,74	1	62	1,47	5.423	A
SB-03.A	10,73	13,75	3,38	40,46	42,32	13,84	1,72	1	59	1,36	6.507	A
SB-04.A	9,44	12,34	3,20	36,14	36,59	24,08	0,81	1	55	1,43	5.737	A
SB-01-03.B	10,73	13,23	2,81	35,85	36,95	24,41	0,96	1	-	1,43	5.674	B
SB-01-03.C	14,41	17,53	3,65	35,90	46,42	14,04	0,60	1	-	1,37	6.516	C
SB-01-02-03.D	12,28	15,23	3,37	34,63	41,65	20,37	0,98	1	-	1,42	5.970	D
SB-01-02-03.E	8,09	10,26	2,37	29,89	21,39	46,36	2,49	0	-	1,75	3.644	E
SB-02-03.F	9,96	12,19	2,48	19,71	10,47	67,36	0,33	0	-	2,03	1.668	F
SB-02-03.G	8,64	11,29	2,91	24,09	18,28	54,73	0,65	0	-	1,83	2.934	G
SP-01	12,45	15,34	3,31	37,48	35,40	23,82	0,45	1	-	1,44	5.670	A
SP-02	14,34	17,37	3,55	27,42	22,15	46,89	0,44	-	69	1,75	3.348	-
SP-07	21,93	26,81	6,25	37,99	52,60	3,17	0,64	-	77	1,41	6.296	-
SP-08	12,85	16,71	4,44	38,20	38,79	18,58	0,46	-	69	1,44	5.713	-
SP-10	16,42	19,66	3,88	39,13	51,73	5,27	0,53	-	60	1,34	6.885	E
SP-11	14,92	18,00	3,62	36,50	41,28	18,61	1,36	-	59	1,44	5.898	-
SP-13	22,30	27,12	6,20	40,71	47,77	5,33	0,46	-	55	1,38	6.277	-
SP-14	14,40	17,40	3,50	32,10	38,29	26,13	0,96	-	76	1,52	5.205	-
SP-15	13,39	16,59	3,69	27,25	26,66	42,41	0,51	-	82	1,72	3.681	-
SP-16	12,18	15,26	3,50	44,17	48,21	4,13	1,52	-	71	1,29	7.289	-
SP-18	11,88	14,79	3,31	35,38	31,40	29,93	0,44	-	54	1,54	4.910	-
SP-19	15,87	19,77	4,64	31,15	30,75	33,47	0,43	-	60	1,62	4.178	-
SP-20	14,44	18,32	4,54	32,79	32,84	29,84	0,43	-	60	1,55	4.709	-
SP-23	21,51	26,71	6,63	39,64	43,77	9,97	0,89	-	79	1,42	5.821	-
SP-26	18,46	23,16	5,77	39,46	49,94	4,84	0,70	-	60	1,38	6.415	-
SP-33	14,46	17,30	3,32	29,77	27,52	39,41	1,72	-	-	1,65	4.127	-
SP-50	20,16	24,30	5,19	41,35	48,91	4,56	1,12	-	66	1,36	6.666	-
SP-51	18,08	22,06	4,86	31,60	32,46	31,09	1,16	-	85	1,17	4.265	A
SU-01	13,44	16,71	3,78	31,59	38,90	25,74	0,64	0	-	1,52	5.246	A
SU-02	13,63	16,93	3,83	39,36	30,65	26,18	4,32	0	-	1,52	5.293	-
SU-03	10,33	13,48	3,51	41,99	39,43	15,08	1,22	1	-	1,38	6.403	-
SU-04	17,84	21,89	4,92	39,22	45,34	10,53	1,65	0	-	1,39	6.295	A

**Tabel 3.** Tabulasi hasil analisis ultimat batubara

Kode Sampel	Karbon	Hidrogen	Nitrogen	Sulfur	Oksigen	Seam
	% (daf)					
SB-01.A	79,82	6,73	1,58	2,52	9,34	A
SB-03.A	78,97	5,99	1,56	2,08	11,40	A
SB-04.A	79,60	6,47	1,65	1,11	11,18	A
SB-01-03.B	78,75	6,51	1,79	1,32	11,64	B
SB-01-03.C	80,85	6,05	1,82	0,73	10,56	C
SB-01-02-03.D	79,90	6,10	1,74	1,28	10,97	D
SB-01-02-03.E	69,33	6,80	1,72	4,86	17,30	E

Kode Sampel	Karbon	Hidrogen	Nitrogen	Sulfur	Oksigen	Seam
	% (daf)					
SB-02-03.F	63,71	6,74	1,59	1,09	26,87	F
SB-02-03.G	69,40	6,20	1,58	1,52	21,30	G
SP-01	79,90	6,44	1,50	0,61	11,55	A
SP-02	69,40	6,36	1,67	0,89	21,68	-
SP-07	74,42	4,49	1,76	0,70	18,63	-
SP-08	76,00	5,86	1,56	0,59	15,99	-
SP-10	78,68	5,49	1,71	0,58	13,55	E
SP-11	76,50	5,49	1,68	1,75	14,58	-
SP-13	75,31	4,99	1,58	0,51	17,60	-
SP-14	76,40	5,64	1,58	1,36	15,03	-
SP-15	71,90	5,75	1,56	0,95	19,85	-
SP-16	80,40	6,04	1,62	1,64	10,30	-
SP-18	75,33	6,31	1,60	0,66	16,09	-
SP-19	70,09	5,41	1,63	0,69	22,17	-
SP-20	73,56	5,63	1,68	0,66	18,48	-
SP-23	72,48	4,83	1,65	1,07	19,97	-
SP-26	75,64	4,99	1,76	0,78	16,82	-
SP-33	71,83	5,96	1,69	2,99	17,52	-
SP-50	76,63	5,21	1,73	1,24	15,20	-
SP-51	70,31	5,22	1,64	1,80	21,02	A
SU-01	76,20	5,44	1,73	0,91	15,72	A
SU-02	73,20	6,02	1,36	6,16	13,26	-
SU-03	79,76	6,37	1,52	1,49	10,86	-
SU-04	76,92	5,28	1,73	1,95	14,13	A

Tabel 4. Tabulasi hasil analisis adsorption isotherm gas CH<sub>4</sub>

Kode Sampel	CH <sub>4</sub> absolute adsorption isotherm at equilibrium moisture basis (20°C, 101,1 kPa/60°F, 101,1 psia), isotherm determination used at maximum pressure 8 Mpa and 46,1°C					
	Pressure, mpa	Gas Content, cc/g (ar)	Gas Content, cc/g (daf)	Pressure, psia	Gas Content, scf/t (ar)	Gas Content, scf/t (daf)
SU-01	0,32	0,48	0,80	46	15	25
	0,62	0,90	1,48	90	28	47
	1,12	1,46	2,42	162	46	76
	1,54	1,87	3,09	224	59	98
	1,98	2,27	3,74	288	72	118
	2,91	2,97	4,90	422	94	155
	3,93	3,66	6,04	570	115	191
	5,92	4,75	7,84	858	150	248
	8,04	5,40	8,92	1.166	171	281

Kode Sampel	<i>CH<sub>4</sub> absolute adsorption isotherm at equilibrium moisture basis (20°C, 101,1 kPa/60°F, 101,1 psia), isotherm determination used at maximum pressure 8 Mpa and 46,1°C</i>					
	Pressure, mpa	Gas Content, cc/g (ar)	Gas Content, cc/g (daf)	Pressure, psia	Gas Content, scf/t (ar)	Gas Content, scf/t (daf)
SU-03	0,32	0,57	0,77	47	18	24
	0,62	1,05	1,43	90	33	45
	1,13	1,71	2,34	164	54	74
	1,55	2,20	3,00	224	69	95
	1,98	2,65	3,61	287	84	114
	2,91	3,51	4,79	422	111	151
	3,92	4,32	5,89	569	136	186
	5,92	5,62	7,67	858	177	242
	8,10	6,57	8,97	1.175	207	283
SU-04	0,32	0,49	0,98	47	15	31
	0,63	0,89	1,79	91	28	56
	1,13	1,43	2,85	164	45	90
	1,56	1,80	3,61	226	57	114
	1,99	2,15	4,31	289	68	136
	2,93	2,80	5,60	424	88	177
	3,94	3,43	6,87	571	108	217
	5,94	4,50	9,01	861	142	284
	8,01	5,54	11,08	1.162	175	350
SP-10	0,33	0,75	0,92	48	24	29
	0,63	1,35	1,65	92	43	52
	1,15	2,18	2,66	166	69	84
	1,56	2,78	3,39	226	88	107
	1,99	3,32	4,05	288	105	128
	2,94	4,37	5,33	426	138	168
	3,96	5,38	6,57	574	170	207
	6,00	7,10	8,67	871	224	274
	8,08	8,65	10,56	1.172	273	333

Tabel 5. Tabulasi hasil analisis *adsorption isotherm* gas CO<sub>2</sub>

Kode Sampel	CO <sub>2</sub> absolute adsorption isotherm at equilibrium moisture basis (20°C, 101,1 kPa/60°F, 101,1 psia), isotherm determination used at maximum pressure 10 Mpa and 46,0°C					
	Pressure, mpa	Gas Content, cc/g (ar)	Gas Content, cc/g (daf)	Pressure, psia	Gas Content, scf/t (ar)	Gas Content, scf/t (daf)
SU-01	0,28	2,09	3,45	41	66	109
	0,59	3,75	6,19	85	118	195
	1,09	6,00	9,90	158	189	312
	1,62	7,90	13,03	234	249	411
	2,09	9,43	15,56	303	298	491
	2,99	11,97	19,75	434	378	623
	4,03	14,51	23,94	584	458	755
	6,68	18,78	30,99	969	593	978
	8,74	21,00	34,65	1.267	663	1.094
	9,79	21,53	35,52	1.421	679	1.121
SU-03	0,28	2,31	3,16	41	73	100
	0,59	4,16	5,68	85	131	179
	1,10	6,69	9,13	159	211	288
	1,63	8,83	12,05	236	279	380
	2,10	10,55	14,40	305	333	454
	3,02	13,39	18,26	439	422	576
	4,07	16,34	22,29	590	516	703
	6,77	20,99	28,63	982	662	904
	8,82	23,52	32,09	1.279	742	1.013
	9,86	24,65	33,63	1.430	778	1.061
SU-04	0,32	1,55	3,10	47	49	98
	0,64	2,72	5,44	93	86	172
	1,17	4,31	8,62	169	136	272
	1,70	5,65	11,31	246	178	357
	2,16	6,74	13,47	313	213	425
	3,08	8,61	17,23	447	272	544
	4,12	10,55	21,11	598	333	666
	6,79	13,62	27,23	985	430	859
	8,90	15,70	31,40	1.291	496	991
	9,88	16,35	32,71	1.432	516	1.032
SP-10	0,28	2,68	3,25	40	84	103
	0,58	4,86	5,90	84	153	186
	1,09	7,80	9,48	158	246	299
	1,63	10,34	12,56	237	326	396
	2,11	12,38	15,04	306	391	475
	3,05	15,86	19,27	443	501	608
	4,12	19,37	23,53	598	611	743
	6,89	25,98	31,56	999	820	996
	9,02	28,51	34,64	1.308	900	1.093
	10,00	29,57	35,93	1.451	933	1.134

**Tabel 6.** Tabulasi hasil analisis petrografi batubara

Nomor	Seam	Kode Sampel	Mean Reflektan % Rv, random	Komposisi Maseral (%)			Material Mineral (%)			Keterangan
				Vitrinit	Inertinit	Liptinit	Mineral Lempung	Oksida Besi	Pirit	
1	A	SB-01.A	0,55	71,20	7,60	7,00	12,60	-	1,60	-
2	A	SB-03.A	0,55	82,00	5,00	4,80	3,80	-	4,40	Pirit Framboidal
3	A	SB-04.A	0,57	72,40	4,60	9,20	12,00	-	1,60	Pirit Framboidal
4	B	SB-01-03.B	0,55	67,60	5,00	8,20	17,40	-	1,80	Pirit Framboidal
5	C	SB-01-03.C	0,56	79,80	3,80	6,60	9,20	-	0,60	-
6	D	SB-01-02-03.D	0,55	69,00	4,20	5,40	19,80	-	1,60	-
7	E	SB-01-02-03.E	0,55	51,80	1,60	8,60	22,80	-	15,20	Pirit Framboidal
8	F	SB-02-03.F	0,54	37,40	1,20	10,80	47,80	-	2,80	Pirit Framboidal
9	G	SB-02-03.G	0,61	56,80	2,80	12,60	24,00	-	3,80	Pirit Framboidal
10	A	SP-01	0,55	68,60	5,60	11,40	14,20	-	0,20	Pirit Framboidal
11	-	SP-02	0,53	54,40	3,80	5,80	35,40	0,20	0,40	-
12	-	SP-07	0,82	92,40	3,00	4,20	0,20	-	0,20	-
13	-	SP-08	0,70	71,80	7,40	7,20	13,40	-	0,20	-
14	E	SP-10	0,54	80,60	6,00	1,60	11,40	-	0,40	-
15	-	SP-11	0,51	69,60	8,20	11,80	9,20	-	1,20	Pirit Framboidal
16	-	SP-13	0,56	84,00	9,60	2,40	3,80	-	0,20	-
17	-	SP-14	0,55	67,40	3,60	6,60	21,20	-	1,20	Pirit Framboidal
18	-	SP-15	0,51	48,20	8,40	5,00	37,60	0,60	0,20	-
19	-	SP-16	0,50	80,80	6,00	6,80	1,80	-	4,60	-
20	-	SP-18	0,50	57,60	1,20	6,20	34,60	-	0,40	Fragmen Fosil
21	-	SP-19	0,48	80,60	5,20	3,00	10,00	-	1,20	-
22	-	SP-20	0,53	80,00	4,00	6,20	9,60	-	0,20	-
23	-	SP-23	0,50	91,60	2,20	1,20	4,60	-	0,40	-
24	-	SP-26	0,57	90,40	5,00	3,40	0,80	-	0,40	-
25	-	SP-33	0,47	69,20	1,40	7,60	16,40	-	5,40	Pirit Framboidal
26	-	SP-50	0,53	87,80	5,60	2,60	3,40	-	0,60	-
27	A	SP-51	0,49	63,80	9,60	5,00	20,40	-	1,20	-
28	A	SU-01	0,55	86,20	5,60	1,80	5,60	-	0,80	-
29	-	SU-02	0,49	76,20	3,20	5,00	9,80	0,80	5,00	Pirit Framboidal
30	-	SU-03	0,57	76,80	6,20	11,40	5,00	-	0,60	-
31	A	SU-04	0,52	81,60	6,80	5,20	3,00	-	3,40	-

**Tabel 7.** Tabulasi hasil analisis abu batubara (*major element*)

Parameter Analisis	Basis	Kode Sampel						
		SB-03.A	SP-01	SU-01	SU-04	SB-02-03.G	SU-02	SU-03
		Seam A				Seam G	-	-
SiO <sub>2</sub>	%	49,05	55,65	54,52	43,79	53,51	44,42	54,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	30,96	36,62	36,41	30,80	36,81	26,86	37,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	13,47	1,67	2,14	18,42	3,24	21,63	3,96
CaO	%	0,66	0,35	0,31	0,65	0,50	0,22	0,49
MgO	%	0,98	0,75	0,99	0,59	1,01	1,02	0,31
Na <sub>2</sub> O	%	0,04	-	-	-	0,10	0,03	-
K <sub>2</sub> O	%	2,66	2,34	3,29	1,29	3,38	2,81	0,96
TiO <sub>2</sub>	%	0,89	1,29	0,84	1,03	0,72	0,58	1,65
MnO	%	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,32	0,31	0,39	0,22	0,36	0,33	0,17
SO <sub>3</sub>	%	0,10	0,14	0,15	0,33	0,10	0,10	0,10
H <sub>2</sub> O-	%	0,88	1,64	1,36	1,84	1,16	1,16	0,76
HD	%	1,00	1,12	1,20	3,44	0,80	2,32	1,04

Hasil analisis ultimat batubara di daerah prospeksi menunjukkan nilai karbon berkisar 63,71% s.d. 80,85% (daf), hidrogen berkisar 4,49% s.d. 6,74% (daf), nitrogen berkisar 1,36% s.d. 1,82% (daf), sulfur berkisar 0,51% s.d. 6,16% (daf), dan oksigen berkisar 9,34% s.d. 26,87% (daf) (Tabel 3).

Analisis kandungan sulfur batubara di daerah prospeksi menunjukkan kisaran nilai 0,33% s.d. 1,74% (daf). Nilai kalori (*calorific value-CV*) diidentifikasi dengan menggunakan analisis *combustion properties*, sedangkan nilai *hardgrove grindability index* (HGI) dan densitas ditentukan dengan menggunakan analisis *physical properties*. Hasil analisis ketiga parameter tersebut batubara dalam basis adb menunjukkan nilai kalori berkisar 1.668 kal/g s.d. 7.289 kal/g, densitas berkisar 1,17 s.d. 2,03, dan HGI berkisar 54 s.d. 85 (Tabel 2).

Berdasarkan pola penyebaran kemenerusan dan kedalaman *seam A* berdasarkan data kemiringan (*dip*) berkisar 300 meter s.d. 400 meter dan *seam E* berkisar 400 meter s.d. 500 meter, Hal tersebut mengindikasikan bahwa *seam A* dan *seam E* merupakan *seam* batubara target yang mempunyai potensi pengembangan GMB dan CCS. Hasil analisis *adsorption isotherm* CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> terhadap kedua *seam* tersebut dalam basis daf menunjukkan kisaran nilai 114 scf/ton s.d. 168 scf/ton dan 425 scf/ton s.d. 608 scf/ton (Tabel 4 dan Tabel 5).

Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batubara di daerah prospeksi umumnya didominasi oleh kelompok maseral vitrinit berkisar 37,40% s.d. 91,60%, sedangkan nilai reflektan vitrinit berkisar 0,47 s.d. 0,82 (Tabel 6).

Analisis abu batubara (major element) bertujuan untuk mengetahui komposisi batubara berupa senyawa oksida utama (major element) yaitu SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SrO, dan BaO. Hasil analisis menunjukkan bahwa batubara di daerah prospeksi umumnya didominasi oleh senyawa oksida utama SiO<sub>2</sub> berkisar 43,79% s.d. 55,65%. Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui nilai pembukuan uap terak (*slagging index*) dan indeks penerakan (*fouling index*). Keseluruhan hasil analisis abu batubara (major element) dapat dilihat pada Tabel 7.

## PEMBAHASAN

### Karakteristik Batubara

Penentuan karakteristik batubara umumnya dapat terlihat melalui peringkat batubara (tingkat kematangan) dan komposisi material organik penyusunnya (tipe batubara). Peringkat batubara dapat diidentifikasi dengan menggunakan parameter hasil analisis proksimat, ultimat, *combustion properties*, *physical properties*, kadar sulfur, dan petrografi.

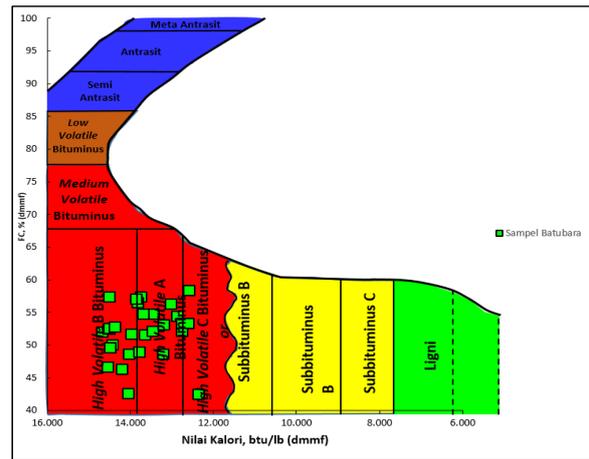
Kombinasi parameter kadar karbon tertambat (FC) dan kandungan zat terbang (VM) hasil analisis proksimat dapat

digunakan untuk mengidentifikasi suatu rasio perbandingan yang dinamakan *Fuel Ratio* (FR). Hubungan antara karbon tertambat dan zat terbang yang dikenal sebagai *fuel ratio* dapat memberikan gambaran peringkat batubara (Rance, 1975 dalam Wibisono dkk., 2019). Berdasarkan data kedua parameter tersebut, nilai FR batubara berkisar 0,53 s.d. 1,32 dengan nilai rata-rata 1,03 yang mengindikasikan bahwa batubara di daerah prospeksi termasuk dalam peringkat subbituminus s.d. *medium to high volatile bituminous* (Tabel 8).

**Tabel 8.** Klasifikasi peringkat batubara di daerah prospeksi berdasarkan nilai *fuel ratio* (Frazer, 1987)

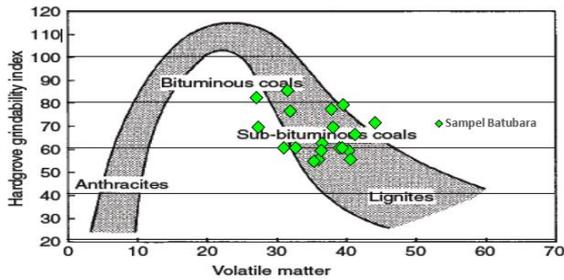
S/No	Coal Type	Fuel Ratio
1	Anthracite	12-100
2	Semi Anthracite	9-12
3	Low volatile bituminous	5-8
4	Medium to High volatile bituminous & All Sub-bituminous	0-5

Kombinasi antara parameter karbon tertambat (FC) dan nilai kalori (CV) dapat digunakan pula untuk mengidentifikasi peringkat batubara. Berdasarkan plot grafik antara kadar karbon tertambat (FC) dan nilai kalori (CV) terindikasi bahwa batubara di daerah prospeksi termasuk kategori peringkat bituminus *high volatile C* atau subbituminus B s.d. bituminus *high volatile B* (Gambar 7).



**Gambar 7.** Plot karbon tertambat (FC) terhadap nilai kalori batubara (CV)

Kombinasi parameter zat terbang (VM) dan HGI hasil analisis proksimat dan *physical properties* dapat pula digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara. HGI merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kemudahgerusan batubara oleh alat penggerus yang proses pembakaran batubaranya menggunakan partikel halus (*pulverized fuel*). Semakin tinggi nilai peringkat suatu batubara (kecuali antrasit) semakin tinggi juga nilai HGI-nya (Berkowitz, 1979 dalam Wibisono dkk., 2019). Hubungan nilai HGI juga dapat dipengaruhi faktor lainnya seperti kandungan abu batubara yang rendah dan nilai zat terbang (Rance, 1975 dalam Wibisono dkk., 2019). Berdasarkan data kombinasi HGI dan zat terbang (VM), batubara di daerah prospeksi termasuk dalam peringkat subbituminus s.d. bituminus (Gambar 8).



**Gambar 8.** Plot kandungan zat terbang (VM) terhadap HGI

Keberadaan sulfur (S) dalam batubara umumnya dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan tempat batubara tersebut terbentuk. Menurut Chou (2012), kandungan sulfur dalam batubara dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu kandungan sulfur rendah ( $< 1\%$  S), kandungan sulfur sedang ( $1\%$  S s.d.  $< 3\%$  S), kandungan sulfur tinggi ( $\geq 3\%$  S). Selain itu, Chou (2012) juga menyatakan bahwa terdapat 2 (dua) sumber utama kandungan sulfur dalam batubara yaitu sulfur yang berasal dari tanaman pembentuk batubara dan sulfur yang berasal dari air laut yang membanjiri rawa gambut. Secara umum, kelimpahan sulfur dalam batubara sebagian besar dipengaruhi oleh air laut dan perubahan pasca pengendapan (diagenesis) (Chou, 2012). Kandungan sulfur total dalam batubara berkisar 0,33% (adb) s.d. 1,74% (adb) dan apabila merujuk pendapat dari Chou (2012), maka batubara di daerah prospeksi mempunyai kandungan sulfur rendah s.d. sedang.

Penentuan peringkat batubara dapat dilakukan dengan rasio perbandingan antara unsur hidrogen

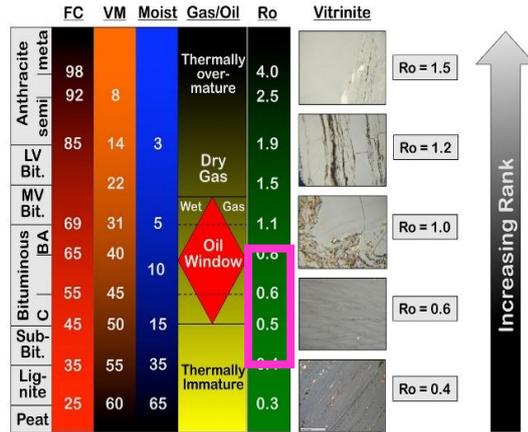
dengan karbon (H/C) dan oksigen dengan karbon (O/C) hasil analisis ultimat yang kemudian di plot dalam diagram van Krevelen yang telah dimodifikasi oleh Cornelius (1978). Berdasarkan hasil perhitungan rasio H/C dan O/C yang kemudian dilakukan plotting dalam diagram tersebut mengindikasikan bahwa batubara di daerah prospeksi termasuk dalam peringkat subbituminus s.d. bituminus dan kerogen Tipe III (Gambar 9). Kerogen Tipe III umumnya didominasi oleh kelompok maseral huminit/vitrinit yang cenderung menghasilkan produk hidrokarbon berupa gas (Mastalerz dkk., 2004). Berdasarkan hal tersebut, maka kerogen Tipe III relatif mempunyai kecenderungan menghasilkan gas daripada minyak.

Identifikasi tingkat kematangan (peringkat) batubara dapat dilakukan dengan menggunakan data pengukuran nilai reflektansi vitrinit yang berasal dari hasil analisis petrografi. Nilai reflektansi vitrinit seluruh sampel batubara berkisar 0,47% s.d. 0,82% termasuk kategori peringkat subbituminus s.d. bituminus (Gambar 10).

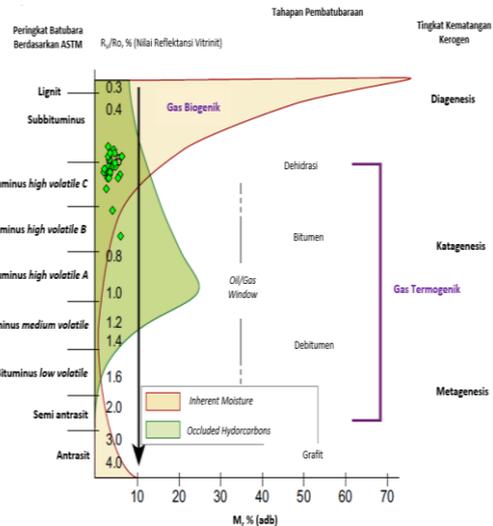
Kombinasi dari nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro) dari hasil analisis petrografi dengan kandungan air (M) dari hasil analisis proksimat dapat pula digunakan untuk menentukan peringkat batubara. Berdasarkan kombinasi hasil analisis kandungan air atau lengas (M) dengan nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro), batubara di daerah prospeksi termasuk kategori

peringkat subbituminus s.d. bituminus *high volatile B* (Gambar 11).

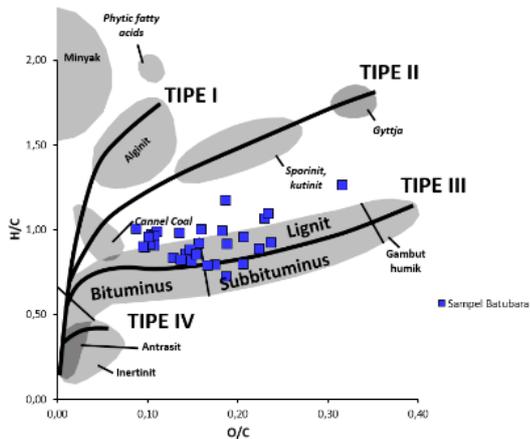
Seam	Kode Sampel	H/C	O/C
A	SB-01.A	1,00	0,09
A	SB-03.A	0,90	0,11
A	SB-04.A	0,97	0,11
B	SB-01-03.B	0,99	0,11
C	SB-01-03.C	0,89	0,10
D	SB-01-02-03.D	0,91	0,10
E	SB-01-02-03.E	1,17	0,19
F	SB-02-03.F	1,26	0,32
G	SB-02-03.G	1,06	0,23
A	SP-01	0,96	0,11
-	SP-02	1,09	0,23
-	SP-07	0,72	0,19
-	SP-08	0,92	0,16
E	SP-10	0,83	0,13
-	SP-11	0,86	0,14
-	SP-13	0,79	0,18
-	SP-14	0,88	0,15
-	SP-15	0,95	0,21
-	SP-16	0,90	0,10
-	SP-18	1,00	0,16
-	SP-19	0,92	0,24
-	SP-20	0,91	0,19
-	SP-23	0,79	0,21
-	SP-26	0,79	0,17
-	SP-33	0,99	0,18
-	SP-50	0,81	0,15
A	SP-51	0,88	0,22
A	SU-01	0,85	0,15
-	SU-02	0,98	0,14
-	SU-03	0,95	0,10
A	SU-04	0,82	0,14



Gambar 10. Klasifikasi peringkat batubara berdasarkan nilai reflektansi vitrinit (www.uky.edu)



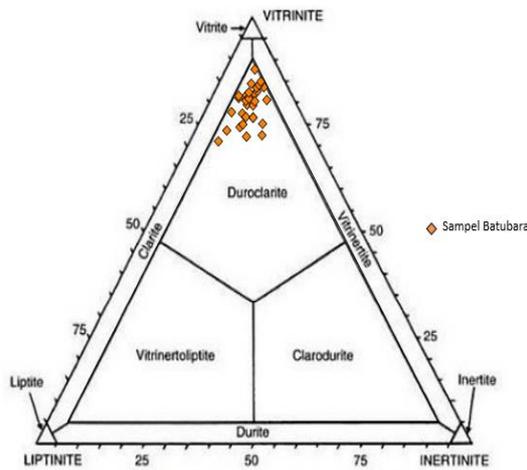
Gambar 11. Plot nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro) dan lengas (M)



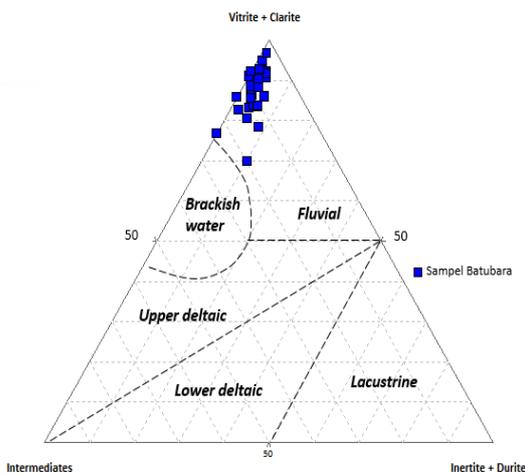
Gambar 9. Plot rasio H/C dan O/C

Rasio kelompok maseral utama (vitrinit, liptinit, dan inertinit) dapat digunakan untuk mengidentifikasi mikrolitotipe batubara. Pengelompokan atau klasifikasi mikrolitotipe batubara dapat menggunakan diagram terner (Bustin dkk., 1983). Berdasarkan diagram terner, klasifikasi mikrolitotipe batubara di daerah eksplorasi umum didominasi oleh *duroclarite* (Gambar 12).

Mikrolitotipe dapat digunakan untuk identifikasi awal lingkungan pengendapan batubara. Penentuan lingkungan pengendapan batubara berdasarkan mikrolitotipe berdasarkan persamaan dari Diessel (1992) dan diagram terner (Singh dan Shukla, 2004). Berdasarkan plot pada terner mengindikasikan bahwa batubara di daerah prospeksi diendapkan di lingkungan fluvial (Gambar 13).



Gambar 12. Klasifikasi mikrolitotipe berdasarkan diagram terner



Gambar 13. Identifikasi lingkungan pengendapan batubara berdasarkan mikrolitotipe

Sebelum dilakukan penentuan nilai pembukuan uap terak dan indeks penerakan, langkah awal yang perlu dilakukan berupa pengklasifikasian jenis abu. Menurut Amaliyah dan Fachry (2011), dalam Monika dan Sulistyohadi (2019), pengklasifikasian jenis abu dibedakan berdasarkan kandungan  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ , dan  $MgO$  sebagai berikut;

- a.  $Fe_2O_3 > CaO + MgO$  termasuk jenis abu bituminus;
- b.  $Fe_2O_3 < CaO + MgO$  termasuk jenis abu lignit.

Penentuan nilai pembukuan uap terak ( $R_s$ ) dan indeks penerakan ( $R_f$ ) menggunakan persamaan sebagai berikut (Amaliyah dan Fachry, 2011 dalam Monika dan Sulistyohadi, 2019);

Nilai pembukuan uap terak ( $R_s$ ) =  $\frac{B}{A} \times S$  (%<sub>adb</sub>),  
dimana;

$B = CaO + MgO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O$  (Base compound, %).

$A = SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2$  (Acid compound, %).

Klasifikasi  $R_s$  dibedakan menjadi  $R_s < 0,6$  (rendah),  $0,6 < R_s < 2,0$  (sedang),  $2,0 < R_s < 2,6$  (tinggi), dan sangat tinggi  $R_s > 2,6$ .

Indeks penerakan ( $R_f$ ), untuk perhitungan jenis abu lignit berdasarkan penjumlahan  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$  dan  $Na_2O$  sebagaimana terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi  $R_f$  pada jenis abu lignit

If $CaO + MgO + Fe_2O_3 > 20\%$ weight of ash content		If $CaO + MgO + Fe_2O_3 < 20\%$ weight of ash content	
Fouling index ( $R_f$ )	Classification	Fouling index ( $R_f$ )	Classification
$Na_2O < 3$	Low-medium	$Na_2O < 1,2$	Low-medium
$3 < Na_2O < 6$	High	$1,2 < Na_2O < 3$	High
$Na_2O > 6$	Highest	$Na_2O > 3$	Highest

Perhitungan  $R_f$  untuk jenis abu bituminus menggunakan persamaan sebagai berikut (Pintana dkk., 2014 dalam Monika dan Sulistyohadi, 2019)

$$\text{Indeks penerakan } (R_f) = \frac{B}{A} \times \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$$

dimana;

$$B = \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$$

(Base compound, %).

$$A = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 \text{ (Acid compound, \%)}.$$

Klasifikasi  $R_f$  abu bituminus dibedakan menjadi  $R_f < 0,2$  (rendah),  $0,2 < R_f < 0,5$  (sedang),  $0,5 < R_f < 1,0$  (tinggi), dan sangat tinggi  $R_f > 1,0$ .

Berdasarkan kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{MgO}$  dari analisis senyawa oksida utama terindikasi bahwa batubara di daerah prospeksi termasuk klasifikasi abu bituminus (Tabel 9).

Tabel 9. Klasifikasi jenis abu batubra

Seam	Kode Sampel	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO + MgO (%)	Keterangan	Klasifikasi Jenis Abu
A	SB-03.A	13,47	1,64	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
G	SB-02-03.G	3,24	1,51	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
A	SP-01	1,67	1,10	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
A	SU-01	2,14	1,30	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
-	SU-02	21,63	1,24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
-	SU-03	3,96	0,80	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus
A	SU-04	18,42	1,24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO + MgO	Bituminus

Hasil Perhitungan nilai pembukuan terak ( $R_s$ ) pada jenis abu bituminus termasuk kategori atau klasifikasi rendah ( $R_s < 0,6$ ) (Tabel 10).

Perhitungan indeks penerakan ( $R_f$ ) pada jenis abu bituminus umumnya termasuk dalam klasifikasi rendah  $R_f < 0,2$  dan sedang ( $0,2 < R_f < 0,5$ ), terdapat 1 (satu) sampel yang memiliki indeks penerakan

( $R_f$ ) sangat tinggi ( $R_f > 1,0$ ) yaitu SU-02 (Tabel 11).

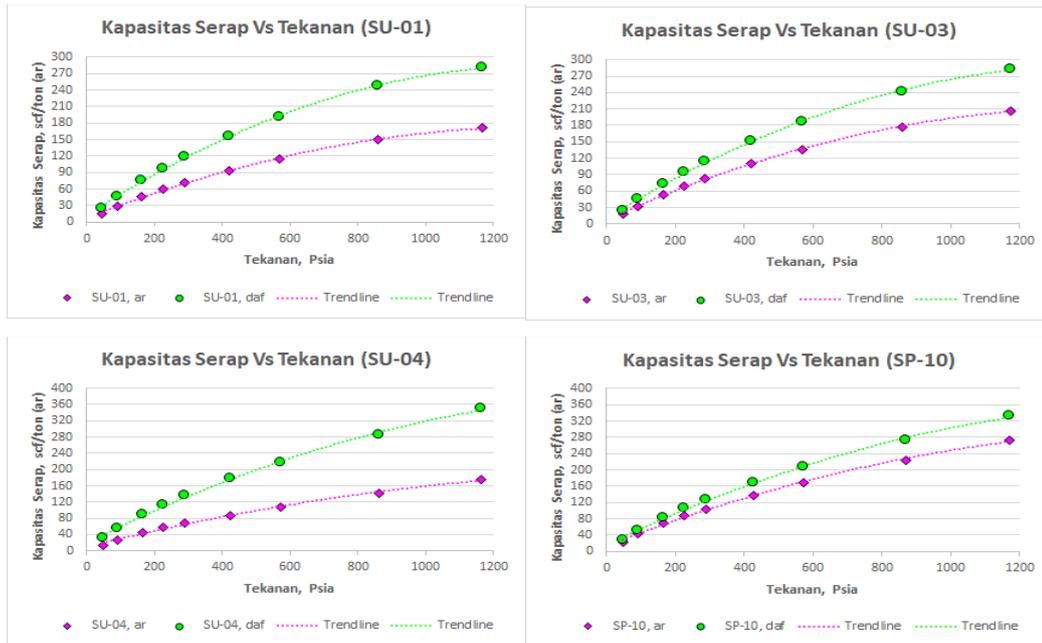
Tabel 10. Nilai pembukuan terak ( $R_s$ ) pada jenis abu bituminus

Seam	Kode Sampel	B (%)	A (%)	S (%)	R <sub>s</sub>	Keterangan	Klasifikasi
A	SB-03.A	17,81	80,9	0,37	0,08	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
G	SB-02-03.G	8,23	91,04	0,22	0,02	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
A	SP-01	5,11	93,56	0,33	0,02	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
A	SU-01	6,73	91,77	0,33	0,02	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
-	SU-02	25,71	71,86	0,34	0,12	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
-	SU-03	5,72	93,07	0,23	0,01	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah
A	SU-04	20,95	75,62	0,25	0,07	R <sub>s</sub> < 0,6	Rendah

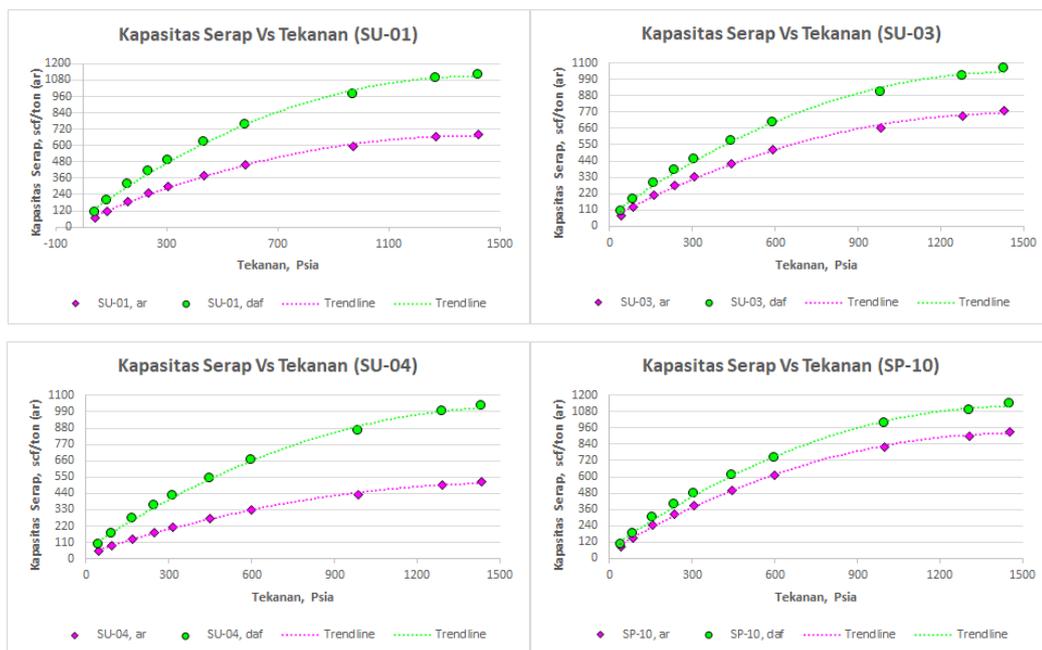
Tabel 11. Nilai indeks penerakan ( $R_f$ ) pada jenis abu bituminus

Seam	Kode Sampel	B (%)	A (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	R <sub>f</sub>	Keterangan	Klasifikasi
A	SB-03.A	17,81	80,9	0,04	2,66	0,59	0,2 < R <sub>f</sub> > 0,5	Sedang
G	SB-02-03.G	8,23	91,04	0,10	3,38	0,31	0,2 < R <sub>f</sub> > 0,5	Sedang
A	SP-01	5,11	93,56	0,00	2,34	0,13	0,2 > R <sub>f</sub>	Rendah
A	SU-01	6,73	91,77	0,00	3,29	0,24	0,2 < R <sub>f</sub> > 0,5	Sedang
-	SU-02	25,71	71,86	0,03	2,81	1,02	R <sub>f</sub> > 1,0	Sangat Tinggi
-	SU-03	5,72	93,07	0,00	0,96	0,06	0,2 > R <sub>f</sub>	Rendah
A	SU-04	20,95	75,62	0,00	1,29	0,36	0,2 < R <sub>f</sub> > 0,5	Sedang

Hasil analisis *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> terindikasi bahwa sampel batubara pada basis *as received* (ar) memiliki kapasitas serap (*capacity storage*) relatif rendah dibandingkan basis *dry ash free* (daf) (Gambar 15). Hal ini dikarenakan pada basis ar, seluruh sampel batubara masih mempunyai kandungan air, sedangkan pada basis daf seluruh sampel tersebut tidak mempunyai kandungan air dan abu sehingga kemampuan serap seluruh sampel batubara pada basis daf umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan basis ar. Selain itu, untuk mengetahui karakteristik batubara sebagai *reservoir* umumnya digunakan hasil analisis berbasis ar, sedangkan hasil analisis berbasis daf digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara (Moore, 2012).



Gambar 14. Plot tekanan terhadap kapasitas serap (*storage capacity*) gas CH<sub>4</sub> dalam basis ar (*as received*) dan daf (*dry ash free*)



Gambar 15. Plot tekanan terhadap kapasitas serap (*storage capacity*) gas CO<sub>2</sub> dalam basis ar (*as received*) dan daf (*dry ash free*)

Demikian halnya, berdasarkan hasil analisis *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> mengindikasikan bahwa batubara dalam basis *as received*

(ar) memiliki kapasitas serap (*capacity storage*) relatif rendah dibandingkan batubara dalam basis *dry ash free* (daf) sebagaimana terlihat pada Gambar 15.

### Potensi Batubara Permukaan

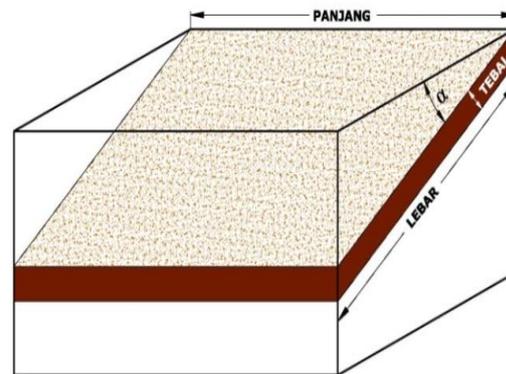
Perhitungan potensi batubara di daerah prospeksi mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 5015:2019 tentang pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara. Dasar klasifikasi potensi batubara pada SNI tersebut berhubungan dengan aspek geologi dan aspek kelayakan. Aspek geologi berhubungan dengan tingkat keyakinan geologi yang secara kualitatif dicerminkan oleh jarak titik pengamatan dan kompleksitas geologi, sedangkan aspek kelayakan merupakan faktor pengubah yang meliputi teknis penambangan, pengolahan, ekonomi, pemasaran, legalitas, lingkungan, sarana dan prasarana, sosial serta peraturan perundang-undangan.

Dalam hal penentuan potensi batubara dalam kegiatan prospeksi belum mempertimbangkan atau memenuhi persyaratan yang terdapat pada aspek kelayakan (faktor pengubah), maka potensi batubara yang dihasilkan termasuk dalam klasifikasi inventori. Selain itu, berdasarkan data hasil pemetaan geologi dan pengeboran, kondisi geologi pada daerah prospeksi termasuk kategori sederhana dengan kriteria jarak titik pengamatan berkisar 500 meter  $< x \leq 1.000$  meter.

Secara umum, perhitungan potensi batubara pada daerah prospeksi menggunakan *cross section* dan prinsip

dasar persamaan geometri sederhana yang tergambar pada Gambar 16. Selain itu, perhitungan potensi batubara yang dilakukan belum mempertimbangkan parameter faktor pengubah yaitu faktor penambangan, pengolahan, pemurnian, ekonomi, pemasaran, legal, lingkungan, sarana dan prasarana, sosial dan peraturan perundang-undangan.

$$\text{Perhitungan Potensi} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Tebal (m)} \times \text{BJ (ton/m}^3\text{)}.$$



**Gambar 16.** Ilustrasi geometri untuk Menggambarkan metode perhitungan potensi Batubara (tanpa skala)

Perhitungan potensi batubara permukaan di daerah prospeksi terbagi menjadi 2 (dua) blok yaitu Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar yang terbagi dalam klasifikasi inventori tertunjuk sebesar 3.363.968,75 ton atau 3,36 juta ton dan target eksplorasi berkisar 414.720,00 ton s.d. 829.440,00ton atau 0,41 juta ton s.d. 0,83 juta ton (Tabel 12 dan Tabel 13).

**Tabel 12.** Tabulasi perhitungan potensi batubara yang termasuk klasifikasi inventori tertunjuk

Blok	Seam Batubara	Volume (m <sup>3</sup> )	BJ Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )	Inventori Tertunjuk (ton)	Total Inventori Tertunjuk (ton)
Sungai Akar	A	1.531.020,96	1,43	2.204.670,18	3.363.968,75
	B	173.077,45	1,43	247.500,75	
	C	69.701,82	1,37	95.491,49	
	D	257.299,06	1,42	365.364,67	
	E	257.680,95	1,75	450.941,66	

**Tabel 13.** Tabulasi perhitungan potensi batubara yang termasuk klasifikasi target eksplorasi

Blok	Seam Batubara	Kisaran Volume (m <sup>3</sup> )		BJ Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )	Total Target Eksplorasi (ton)	
		Minimum	Maksimum		Minimum	Maksimum
Batu Ampar	A	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00

**Potensi Batubara Bawah Permukaan**

Perhitungan potensi batubara bawah permukaan, gas CH<sub>4</sub> (GMB) termasuk gas CO<sub>2</sub> menggunakan rumus perhitungan *gas initially in place* (GIIP) yang menggambarkan potensi gas yang terkandung dalam batubara. Rumus yang digunakan untuk menghitung potensi gas tersebut adalah:

*Gas initially in place* (GIIP): potensi batubara x kandungan gas (*gas content*)

Perhitungan potensi batubara bawah permukaan dan GIIP pada Blok

Sungai Akar dan Blok Batu Ampar untuk gas CH<sub>4</sub> menunjukkan bahwa potensi batubara bawah permukaan dengan kedalaman > 100 meter yang termasuk klasifikasi target eksplorasi berkisar 8.711.887,16 ton atau 8,71 juta ton s.d. 17.423.774,28 ton atau 17,42 juta ton, dengan GIIP gas CH<sub>4</sub> berkisar 677.101.623,98 scf atau 0,68 Bcf s.d. 1.354.203.245,20 scf atau 1,35 Bcf. Detail perhitungan GIIP gas CH<sub>4</sub> dapat dilihat pada Tabel 14.

Perhitungan potensi batubara bawah permukaan dan GIIP pada Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar untuk gas CO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa potensi batubara bawah permukaan (kedalaman > 100 meter) dengan klasifikasi target eksplorasi berkisar 8.711.887,16 ton atau 8,71 juta ton s.d. 17.423.774,28 ton atau 17,42 juta ton, dengan GIIP gas CO<sub>2</sub> berkisar 2.669.877.147,38 scf atau 2,67 Bcf s.d. 5.339.754.282,48 scf atau 5,34 Bcf. Detail perhitungan GIIP gas CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 14.** Perhitungan GIIP gas CH<sub>4</sub> di daerah prospeksi

Nama Blok	Nama Seam	Kedalaman Seam (m)	Volume (m <sup>3</sup> )		BJ Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )	Potensi Batubara (ton)		Kand. Gas CH <sub>4</sub> (scf/ton)	GIIP (scf)	
			Min.	Maks.		Min.	Maks.		Min.	Maks.
Sungai Akar	A	100-200	765.510,98	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	46	50.707.416,20	101.414.828,39
		200-300	765.510,98	1.531.020,94	1,44	1.102.335,09	2.204.670,16	59	65.037.770,38	130.075.539,27
		300-400	765.510,50	1.531.021,00	1,44	1.102.335,12	2.204.670,23	72	79.368.138,38	158.736.256,76
		400-500	765.280,65	1.530.561,31	1,44	1.102.004,14	2.204.008,28	94	103.588.389,12	207.176.778,24
		500-600	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.385,09	2.204.670,18	116	126.768.535,49	253.587.070,98
	<b>Total Seam A</b>					<b>5.511.344,53</b>	<b>11.022.689,03</b>		<b>425.470.237,57</b>	<b>850.940.473,65</b>
	E	100-200	128.840,48	257.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	43,00	9.605.245,74	18.390.491,27
		200-300	128.840,48	257.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	69,00	15.557.487,36	31.114.974,36
		300-400	128.722,90	257.445,79	1,75	225.265,07	450.530,14	86,00	18.823.326,20	38.616.652,40
		400-500	128.722,90	257.445,79	1,75	225.265,07	450.530,14	105,00	23.652.832,40	47.305.661,79
500-600		128.840,48	257.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	138,00	31.114.974,71	62.229.948,72	
<b>Total Seam E</b>					<b>1.126.942,63</b>	<b>2.253.885,25</b>		<b>99.843.866,41</b>	<b>199.687.731,55</b>	
<b>Total Seam A dan Seam E</b>					<b>6.638.287,16</b>	<b>13.276.574,28</b>		<b>525.314.103,98</b>	<b>1.050.628.205,20</b>	
Batu Ampar	A	100-200	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	45,00	18.662.400,00	37.324.800,00
		200-300	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	57,00	23.639.040,00	47.278.080,00
		300-400	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	68,00	28.200.960,00	56.401.920,00
		400-500	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	88,00	36.495.360,00	72.990.720,00
		500-600	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	108,00	44.789.760,00	89.579.520,00
	<b>Total Seam A</b>					<b>2.073.600,00</b>	<b>4.147.200,00</b>		<b>151.787.520,00</b>	<b>303.575.040,00</b>
<b>Total Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar</b>					<b>8.711.887,16</b>	<b>17.423.774,28</b>		<b>677.101.623,98</b>	<b>1.354.203.245,20</b>	

Tabel 15. Perhitungan GIIP gas CO<sub>2</sub> di daerah prospeksi

Nama Blok	Nama Seam	Kedalaman Seam (m)	Volume (m <sup>3</sup> )		BJ Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )	Potensi Batubara (ton)		Kand. Gas CO <sub>2</sub> (scf/ton)	GIIP (scf)	
			Min.	Maks.		Min.	Maks.		Min.	Maks.
Sungai Akar	A	100-200	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	189,00	208.341.332,24	416.682.664,47
		200-300	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	298,00	279.091.131,71	548.962.869,34
		300-400	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,12	2.204.670,22	298,00	328.095.864,68	656.991.729,37
		400-500	765.390,65	1.530.561,31	1,44	1.102.004,14	2.204.008,28	378,00	416.557.564,77	833.115.129,54
		500-800	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	458,00	504.869.471,77	1.009.738.943,54
	<b>Total Seam A</b>					<b>5.511.944,59</b>	<b>11.022.689,03</b>		<b>1.732.745.671,18</b>	<b>3.465.491.336,06</b>
	E	100-200	178.840,48	357.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	246,00	55.465.824,49	110.931.647,71
		200-300	128.840,48	257.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	326,00	73.503.890,99	147.006.980,32
		300-400	128.722,99	257.445,79	1,75	225.265,07	450.530,14	391,00	88.078.642,55	176.157.285,09
		400-500	178.722,99	357.445,79	1,75	225.265,07	450.530,14	501,00	112.857.800,30	225.715.600,59
500-800		178.840,48	357.680,95	1,75	225.470,83	450.941,66	611,00	137.762.677,89	275.525.355,69	
<b>Total Seam E</b>					<b>1.126.942,63</b>	<b>2.253.885,25</b>		<b>467.668.436,21</b>	<b>935.336.866,42</b>	
<b>Total Seam A dan Seam E</b>					<b>6.638.887,16</b>	<b>13.276.574,28</b>		<b>2.200.414.107,39</b>	<b>4.400.828.202,48</b>	
Batu Ampar	A	100-200	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	136,00	58.401.920,00	116.803.840,00
		200-300	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	178,00	73.020.160,00	146.040.320,00
		300-400	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	213,00	88.335.360,00	176.670.720,00
		400-500	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	272,00	112.803.840,00	225.607.680,00
		500-800	324.000,00	648.000,00	1,28	414.720,00	829.440,00	333,00	138.101.760,00	276.203.520,00
	<b>Total Seam A</b>					<b>2.073.600,00</b>	<b>4.147.200,00</b>		<b>469.463.040,00</b>	<b>938.926.080,00</b>
<b>Total Sumber Daya Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar</b>					<b>8.711.887,16</b>	<b>17.423.774,28</b>		<b>2.669.877.147,39</b>	<b>5.339.754.282,48</b>	

### Prospek Pemanfaatan dan Pengembangan

Prospek pemanfaatan dan pengembangan batubara di daerah prospeksi dapat dilakukan penilaian berdasarkan beberapa pertimbangan di antaranya peringkat, keterdapatan, jumlah dan potensinya.

Berdasarkan pertimbangan peringkat, batubara di daerah prospeksi termasuk peringkat subbituminus s.d. bituminus, sehingga pemanfaatannya selain digunakan untuk sumber energi, namun dapat digunakan untuk pengembangan dan pemanfaatan batubara lainnya yang ramah lingkungan di antaranya gasifikasi, metanol, amonia dan hidrogen (H<sub>2</sub>).

Keterdapatan batubara juga memiliki peranan penting dalam hal pemanfaatan dan pengembangan batubara di daerah prospeksi. Keterdapatan batubara yang berada di luar batas Izin Usaha Pertambangan (IUP) aktif memungkinkan untuk dapat diusulkan sebagai salah satu rekomendasi wilayah

usaha pertambangan (WUP) atau Wilayah Pencadangan Negara (WPN). Selain itu, berdasarkan interpretasi data singkapan, sumur uji, pengeboran, seismik dan hasil analisis laboratorium terindikasi bahwa *seam* batubara di daerah prospeksi mempunyai kemenerusan ke arah *dip* yang relatif baik sampai kedalaman > 100 meter sehingga dapat digunakan untuk pengembangan batubara bawah permukaan di antaranya GMB atau CCS.

Berdasarkan pertimbangan jumlah dan potensi batubara yang relatif baik, maka kegiatan eksplorasi lanjutan dapat dilakukan untuk mengidentifikasi dan memvalidasi secara detil seluruh potensi batubara di daerah prospeksi.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian di atas, maka kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan prospeksi sebagai berikut:

1. Formasi pembawa batubara yang terdapat di daerah prospeksi

- merupakan Formasi Lakat berumur Oligosen s.d. Miosen Awal dan Formasi Muaraenim berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen.
2. Target formasi pembawa batubara di daerah prospeksi terfokus pada Satuan Batulempung Sisipan Batubara dari Formasi Lakat dengan kenampakan megaskopis umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm, terdapat pirit, *cleat cubical*. Kontak *floor* tegas dengan batulempung, sedangkan *roof* undulasi dengan batupasir.
  3. Berdasarkan korelasi dan interpretasi data singkapan, sumur uji, pengeboran dan seismik, terdapat 7 (tujuh) *seam* yang diberi notifikasi *seam A*, *seam B*, *seam C*, *seam D*, *seam E*, *seam F*, dan *seam G* dengan ketebalan berkisar 0,10 meter s.d. 2,07 meter. Berdasarkan nilai kalori dan kandungan abu, *seam A* s.d. *seam E* teridentifikasi sebagai *seam* batubara, sedangkan *seam F* dan *seam G* terindikasi sebagai *seam shaly coal*.
  4. Berdasarkan hasil analisis kimia dan fisika serta petrografi batubara, batubara di daerah prospeksi termasuk dalam peringkat subbituminus s.d. bituminus.
  5. Hasil interpretasi data analisis mikrolitotipe mengindikasikan bahwa batubara di daerah prospeksi didominasi *duroclarite* dikarenakan komposisi vitrinit (V) > liptinit (L), inertinit (I) > 5% dan terendapkan pada lingkungan fluvial.
  6. Klasifikasi jenis abu berdasarkan hasil analisis abu termasuk jenis bituminus dengan nilai pembukuan uap terak (*slagging index*) umumnya termasuk klasifikasi rendah dan indeks penerakan (*fouling index*) hampir seluruhnya termasuk klasifikasi rendah s.d. sedang.
  7. Potensi batubara permukaan dengan kedalaman < 100 meter sebesar 3,36 juta ton dengan klasifikasi inventori tertunjuk pada Blok Sungai Akar, sedangkan Blok Batu Ampar mempunyai potensi batubara yang termasuk klasifikasi target eksplorasi berkisar 0,41 juta ton s.d. 0,83 juta ton.
  8. Jumlah kandungan gas CH<sub>4</sub> berdasarkan hasil analisis *adsorption isotherm* pada Blok Sungai Akar khususnya pada *seam A* dan *seam E* berkisar 72 sct/ton s.d. 138 scf/ton (ar) atau 114 scf/ton s.d. 168 scf/ton (daf), sedangkan *seam A* pada Blok Batu Ampar sebesar 69 scf/ton (ar) atau 136 scf/ton (daf).
  9. Jumlah kandungan gas CO<sub>2</sub> berdasarkan hasil analisis *adsorption isotherm* pada Blok Sungai Akar khususnya pada *seam A* dan *seam E* berkisar 298 sct/ton s.d. 501 scf/ton (ar) atau 454 scf/ton s.d. 608 scf/ton (daf), sedangkan *seam A* pada Blok Batu

Ampar sebesar 213 scf/ton (ar) atau 425 scf/ton (daf).

10. Perhitungan potensi batubara bawah permukaan dan GIIP gas CH<sub>4</sub> dan gas CO<sub>2</sub> terfokus pada *seam* A dan *seam* E dikarenakan khusus untuk *seam* A mempunyai ketebalan yang relatif lebih tebal dibandingkan *seam* lainnya.
11. Potensi batubara bawah permukaan pada Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar dengan kedalaman > 100 meter dengan klasifikasi target eksplorasi berkisar 8,71 juta ton s.d. 17,42 juta dengan jumlah GIIP gas CH<sub>4</sub> berkisar 0,68 Bcf s.d. 1,35 Bcf dan GIIP gas CO<sub>2</sub> berkisar 2,67 Bcf s.d. 5,34 Bcf.

#### Saran

Berdasarkan hasil kegiatan prospeksi, secara umum pelamparan *seam*

batubara tidak dikontrol oleh keberadaan struktur dan mempunyai ketebalan dan kemenerusan batubara yang relatif baik, sehingga hal ini memungkinkan untuk ditindaklanjuti ke tahapan eksplorasi selanjutnya dalam rangka mengidentifikasi dan mengungkap seluruh potensi batubara khususnya di bagian selatan daerah prospeksi (Blok Batu Ampar) mengingat pada blok tersebut belum dilakukan pengeboran dan seismik. Namun, yang perlu menjadi pertimbangan lainnya secara non-teknis adalah akses jalan yang kurang memadai terutama dalam kondisi cuaca hujan. Selain itu, kawasan peruntukkan lahan juga menjadi pertimbangan dikarenakan sebagian besar lahan masih digunakan untuk perkebunan kelapa sawit, baik yang dimiliki oleh masyarakat maupun badan usaha Perkebunan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amijaya, H. dan Littke, R. (2005). Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, 61, 197- 221.
- Baihaqi, A., Susilawati, R., Fauzielly, L., dan Muljana, B., I. (2017). Studi perbandingan karakteristik kimia dan petrografi batubara lapangan x, Cekungan Sumatera Selatan dan lapangan y Cekungan Sumatera Tengah, Indonesia, *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12, 87-102, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- Barber, A. J., Crow, M., J., dan Milsom, J., S. (2005). *Sumatra, Geology, Resources, and Tectonic Evolution*, Geological Society, London.
- Belkin, H., E., Tewalt, S., J., Hower, J., C., Stucker, D., J., O'Keefe, J., M., K., Tatu, C., Buia, A., G. (2010). Petrography and geochemistry of Oligocene bituminous coal from the Jiu

- Valley, Petroșani basin (southern Carpathian Mountains), Romania, *International Journal of Coal Geology*, Elsevier Science Publishers B.V., **82**, 68-80.
- Berkowitz, N. (1979): *An introduction to coal technology*, Academic Press, New York, 345.
- Bustin (1983): Coalification levels and their significance in the groundhog coalfield, North-Central British Columbia, *International Journal of Coal Geology*, **4**, 21-44.
- Chou, C., L. (2012): *Sulfur in coal: a review of geochemistry and origins*, Illinois State Geological Survey (emeritus), Champaign, IL 61820, USA.
- Cook, A. C. (1982). *The origin and petrology of organic matter in coal, oil shales and petroleum source rocks*, University of Wollongong, Wollongong, New South Wales.
- Cornelius, C., D. (1978): *Muttergesteinfazies als parameter der erdolbildung*, *Erdo I-Erdgas Zeitschrift*, **3**, 90-94.
- Diessel, C. F. K. (1992). *Coal-bearing depositional systems*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Frazer, P. (1987): *The classification of coals*. *Trans. Amer. Inst. Min. Eng.*, **6**: 430-451.
- Mastalerz M., Hower, J., C., Drobniak, A., Mardon, S., M., dan Lis, G. (2004). From in situ to fly ash: a study of coal mines and powerplants from Indiana. *International Journal of Coal Geology*, **59**, 171-192.
- Moore, T. (2012): Coalbed methane: A review, *International Journal of Coal Geology*, **101**, 36-81.
- Monika, I. dan Sulistyohadi, F. (2019). Ash deposit characteristics of blended coal in coal combustion process, *Indonesia Mining Journal*, **22**, 49-60.
- Rance, H., C. (1975). *Coal Quality Parameters and their Influence in Coal Utilisation*, Shell International Petroleum Co. Ltd, Technical Reports on Coal.
- Rautenbach, R., Strydom, C. A., Bunt, J. R., Matjie, R. H., Campbell, Q. P., dan Van Alphen, C (2018). Mineralogical, chemical, and petrographic properties of selected South African power stations' feed coals and their corresponding density separated fractions using float-sink and reflux classification methods, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 1923-2702.
- Pashin, J. C. (2008). *Coal as a petroleum source rock and reservoir rock*, dalam Ruiz-Suarez, I. dan Crelling, J. C. (Eds.), *Applied coal petrology: The role of petrology in coal utilization*, Elsevier, Amsterdam, 227-262.
- Pintana, P., Tippayawong, N., Nuntaphun, A. dan Thongchiew, P. (2014). Characterization of slag from combustion of pulverized lignite with high calcium content in utility boiler, *Energy Exploration & Exploitation*, **32**(3), 471-482.

- PSDMBP (2022): Pemutakhiran data dan neraca sumber daya batubara, gambut, dan gas metana batubara, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung-Indonesia.
- Singh, M. P. dan Shukla, R. R. (2004): Petrographic characteristics and depositional conditions of Permian coals of PENCH, Kanhan and Tawa Valley Coalfields of Satpura Basin, M.P. India, *International Journal of Coal Geology*, **59**, 209-243.
- SNI 5015:2019 (2019): Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara.
- Taylor, G. H., Teichmuller, M., Davis A., Diessel, C. F. K., Littke R., dan Robert P. (1998). *Organic petrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Teichmuller, M. (1989). The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology, *International Journal of Coal Geology*, Elsevier Science Publishers B.V., 12, 1-87.
- van Zuidam, R. A. (1982): *Consideration on Systematic Medium Scale Geomorphological Mapping*, Z. Geomorph.NF, Vol. 20.
- Wibisono, S. A., Dwitama, E. P., dan Prahesthi, I. O. (2019). Petrografi dan geokimia batubara di daerah Pahirangan dan sekitarnya, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah, *Buletin Sumber Daya Geologi*, 14, 65-78, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- Vitrinite Reflectance (Ro), data diperoleh melalui situs internet: <https://www.uky.edu/KGS/coal/coal-analyses-vitrinite.php>. Diunduh pada tanggal 21 November 2023.

## PENYIAPAN DATA DAN INFORMASI SUMBER DAYA GEOLOGI UNTUK PENGUSULAN WILAYAH PERTAMBANGAN BATUBARA

**Muhammad Arief Pinandita, M. A. Ibrahim, Eko Budi Cahyono, dan Penny Oktaviani**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) memiliki tugas dan fungsi antara lain melakukan penyelidikan sumber daya geologi dan berperan aktif dalam penyusunan data dan informasi sumber daya geologi untuk mendukung bahan evaluasi dan pertimbangan rekomendasi teknis. Pada tahun 2023 PSDMBP telah mengevaluasi sebanyak 10 usulan rekomendasi Wilayah Pertambangan (WP) Batubara untuk mendukung pelaksanaan Penyusunan dan Penetapan WP menjadi kategori yang disebutkan dalam UU Nomor 3 Tahun 2020, yang menyebutkan bahwa WP terdiri atas WUP (Wilayah Usaha Pertambangan), WPR (Wilayah Pertambangan Rakyat), WPN (Wilayah Pencadangan Negara) dan WUPK (Wilayah Usaha Pertambangan Khusus). Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan evaluasi data sekunder, penyusunan data dan informasi sumber daya geologi, telah dihasilkan 10 blok prospek, yang terdiri dari 9 blok prospek batubara dan 1 blok prospek aspal yang dapat disiapkan sebagai WP Batubara/Aspal. Blok prospek tersebut direkomendasikan untuk ditindaklanjuti sesuai dengan peruntukannya masing-masing. Blok tersebut adalah 1) Blok Pinang Jatus, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur; 2) Blok Samu Biu, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur; 3) Blok Tamalea, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat; 4) Blok Bengalon Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur; 5) Blok Ketahun Pinang Raya, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu; 6) Blok Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau; 7) Blok Batu Ampar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau; 8) Blok Pagardin, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu; 9) Blok Tanjung Alai, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu; 10) Blok Aspal Hendea Utara, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

**Kata kunci:** Wilayah Pertambangan, Wilayah Izin Usaha Pertambangan, Wilayah Izin Usaha Pertambangan, Evaluasi Teknis

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, bahwa Wilayah Pertambangan (WP) ditentukan oleh Pemerintah Pusat setelah ditentukan oleh Pemerintah Daerah Provinsi sesuai kewenangannya dan berkonsultasi dengan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. Penetapan WP terdiri atas:

- a. WUP
- b. WPR
- c. WPN
- d. WUPK

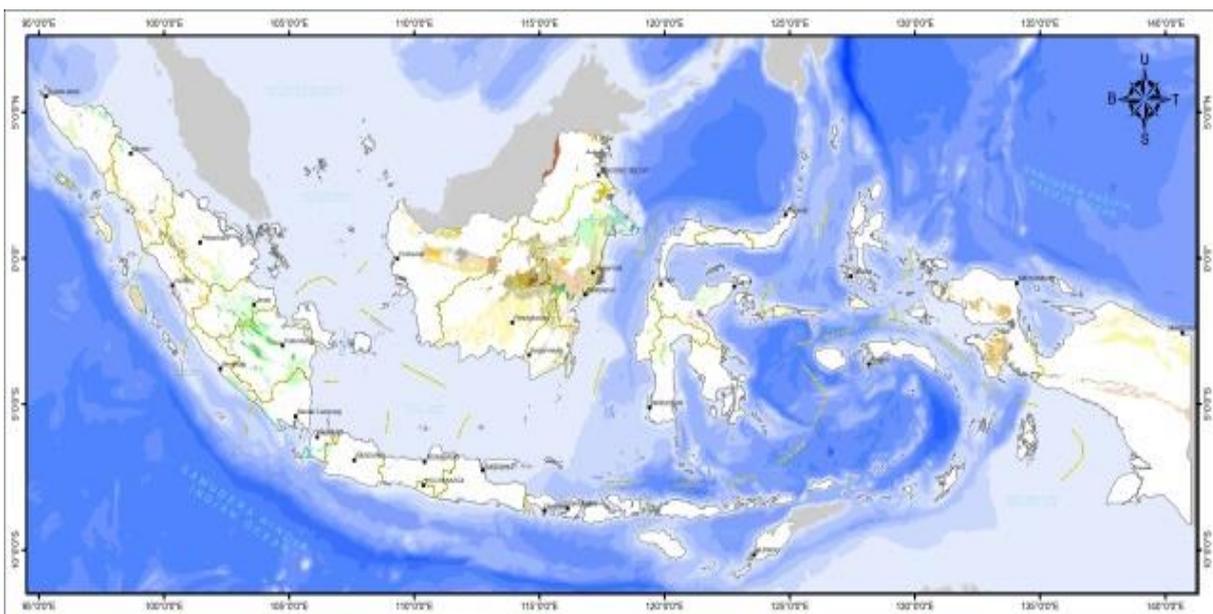
Penentuan WP menjadi beberapa kategori diatas memiliki beberapa kriteria, mencakup kriteria teknis yang dievaluasi berdasarkan kajian geologi.

Dalam hal penentuan WP menjadi WUP dan WUPK yang disiapkan untuk

menjadi WIUP dan WIUPK, Peraturan Pemerintah No. 96 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara menyatakan bahwa Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) Batubara diperoleh dengan cara lelang.

Maksud dan tujuan kegiatan ini adalah mendapatkan usulan wilayah prospek batubara di Indonesia berdasarkan pengolahan data sekunder menggunakan kriteria-kriteria umum yang digunakan dalam penentuan wilayah keprospekan batubara. Usulan wilayah prospek batubara ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis dalam usulan penyusunan WP batubara.

Lokasi kegiatan mencakup daerah yang mengandung endapan batubara di seluruh wilayah Indonesia.



Gambar 1. Peta lokasi kegiatan

## METODOLOGI

Kegiatan penyusunan usulan Wilayah Pertambangan Batubara pada tahun 2023 merujuk kepada Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Pada Pasal 1 ayat (29) menyebutkan bahwa Wilayah Pertambangan yang selanjutnya disebut WP adalah wilayah yang memiliki potensi mineral dan/atau batubara dan tidak terikat dengan batasan administrasi pemerintah yang merupakan bagian dari tata ruang nasional. Dalam PerMen ESDM No. 7 Tahun 2020 Pasal 5 ayat (2) dan Pasal 6 mengenai Penyusunan WIUP dan WIUPK, penyusunan WIUP berdasarkan data dan informasi yang berasal dari:

- a. Hasil kegiatan penyelidikan dan penelitian pertambangan yang dilakukan oleh Menteri dan/atau Gubernur sesuai dengan kewenangannya;
- b. Hasil evaluasi terhadap WIUP yang dikembalikan atau dicitkan oleh pemegang IUP; dan/atau
- c. Hasil evaluasi terhadap WIUP yang IUP-nya berakhir atau dicabut.

Sementara penyusunan WIUPK berdasarkan data dan informasi yang berasal dari:

- a. WPN yang sudah berubah statusnya menjadi WUPK;
- b. Hasil evaluasi terhadap WIUP yang IUP-nya telah berakhir;
- c. Hasil evaluasi terhadap WIUPK yang IUPK-nya telah berakhir;
- d. Hasil evaluasi terhadap wilayah PKP2B yang perjanjiannya telah berakhir atau diterminasi; dan/atau
- e. Hasil evaluasi terhadap WIUP, WIUPK, Wilayah PKP2B yang dikembalikan atau dicitkan oleh pemegang IUP, pemegang IUPK atau pemegang PKP2B.

Penentuan usulan wilayah keprospek batubara dalam kegiatan ini berupa deliniasi poligon yang batas-batasnya dibuat berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan PSMBP, koordinat wilayah yang dikembalikan atau dicitkan oleh pemegang IUP dan untuk wilayah usulan dari Pemerintah Daerah, usulan koordinat Wilayah Pertambangan mengacu pada apa yang diajukan oleh pemerintah daerah dengan penyesuaian setelah melalui evaluasi teknis terhadap data-data geologi dan informasi pendukung oleh PSDMBP, sehingga dapat digunakan untuk membuat rekomendasi penyusunan/penetapan WP batubara.

Petunjuk teknis dalam melakukan deliniasi usulan wilayah keprospek batubara didasarkan peraturan yang berlaku dirangkum menjadi sebagai berikut:

1. Memiliki formasi batuan pembawa batubara, berdasarkan peta geologi.
2. Memiliki singkapan batubara.
3. Memiliki potensi sumber daya batubara.
4. Tidak tumpang tindih dengan WIUP/WIUPK aktif, Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) dan/atau Wilayah Pencadangan Negara (WPN).
5. Merupakan wilayah yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pertambangan secara berkelanjutan.

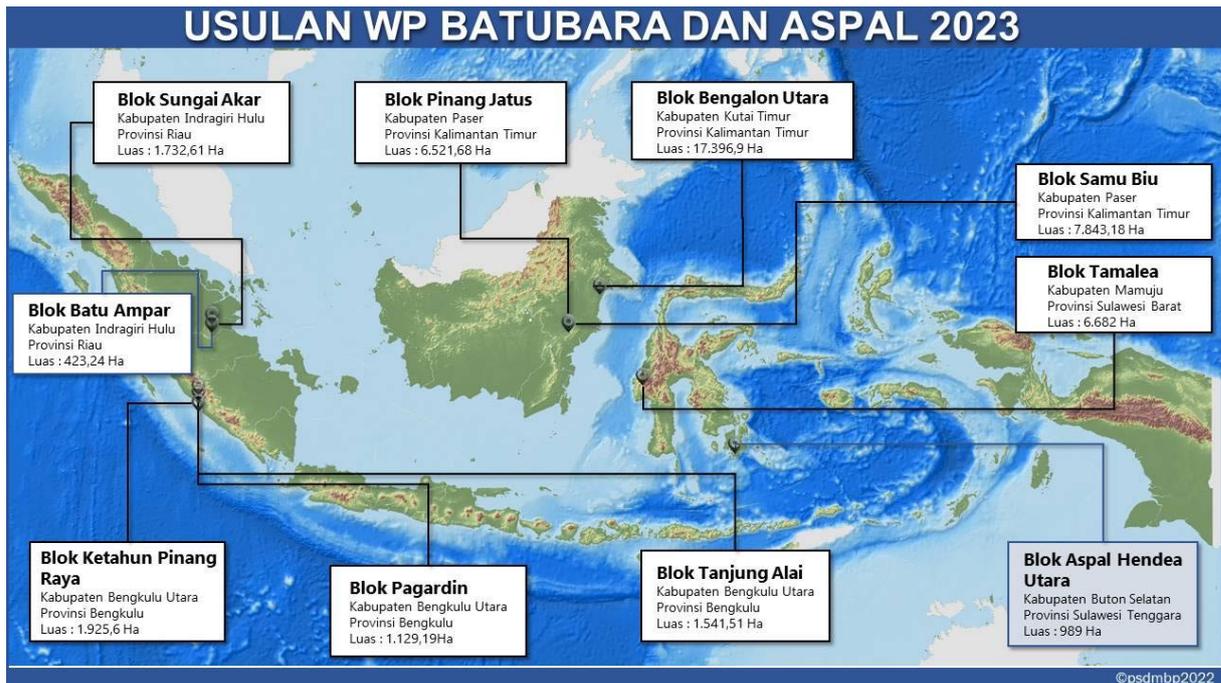
6. Merupakan kawasan peruntukan pertambangan sesuai dengan rencana tata ruang.

### HASIL EVALUASI

Penyusunan wilayah kandidat WP Batubara dipilih dari beberapa sumber, yaitu hasil penelitian PSDMBP, permohonan bantuan evaluasi dari Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (Ditjen Minerba) dan usulan pemerintah daerah (Pemda). Selain hasil kegiatan penyelidikan PSMDDBP, dalam kegiatan evaluasi ini belum dilakukan *due diligent/field check* untuk memverifikasi data yang tersedia dari usulan Pemda dan Ditjen Minerba (Tabel 1 dan Gambar 2).

Tabel 1. Usulan Kandidat WP Batubara Tahun 2023

No	Usulan WP Batubara	Luas (Ha)
1	Blok Pinang Jatus, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur (Eks Badan Usaha)	6.521,68
2	Blok Samu Bui, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur (Eks Badan Usaha)	7.843,18
3	Blok Tamalea, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat (Pemda)	6.682
4	Blok Bengalon Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur (Eks Badan Usaha)	17.396,9
5	Blok Ketahun Pinang Raya, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu (Pemda)	1.925,6
6	Blok Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau (PSDMBP)	1.732,61
7	Blok Batu Ampar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau (PSDMBP)	423,24
8	Blok Pagardin, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu (PSDMBP)	1.129,19
9	Blok Tanjung Alai, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu (PSDMBP)	1.541,51
10	Blok Aspal Hendea Utara, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (PSDMBP)	989



**Gambar 2.** Peta blok evaluasi penyiapan WP Batubara/ Aspal Tahun 2023

Penyelidikan yang dilakukan PSDMBP umumnya menghasilkan wilayah prospek batubara. Penyelidikan PSDMBP 2023 yang dievaluasi dalam kegiatan ini adalah Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Batubara di Daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau yang menghasilkan dua wilayah prospek batubara, yaitu Blok Sungai Akar dan Blok Batu Ampar. Penyelidikan Pendahuluan Survei Tinjau Batubara Daerah Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu menghasilkan dua wilayah prospek yaitu Blok Pagardin dan Blok Tanjung Alai. Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Aspal Geologi dan Geofisika Daerah Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara pada menghasilkan satu wilayah prospek yaitu Blok Hendea Utara. Pada kegiatan tahun

ini, terdapat total 5 blok hasil dari penyelidikan PSDMBP yang dievaluasi untuk penyiapan WP. Kelima blok tersebut direkomendasikan sebagai WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP.

Pemerintah daerah dapat mengusulkan wilayah prospek batubara yang akan dilelang setelah daerah usulan tersebut dinyatakan layak secara teknis. Namun, karena keterbatasan tenaga ahli, biasanya pemerintah daerah memohon bantuan evaluasi teknis terhadap wilayah yang akan diusulkan kepada Kementerian ESDM (dalam hal ini PSDMBP). Pada kegiatan tahun ini, terdapat dua blok prospek yang merupakan wilayah usulan pemerintah daerah yaitu Blok Tamalea yang berada di Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat dan Blok Ketahun Pinang Raya yang berada di Kabupaten

Bengkulu Utara, Bengkulu. Wilayah evaluasi dari usulan pemerintah daerah, dapat diusulkan sebagai WP dengan peruntukan sebagai WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP.

PSDMBP juga melakukan evaluasi terhadap wilayah pelepasan badan usaha, baik pada wilayah penciptan maupun wilayah terminasi. Pada kegiatan tahun 2023, evaluasi terhadap wilayah eks badan usaha menghasilkan tiga blok usulan yaitu Blok Pinang Jatus dan Blok Samu Biu, merupakan evaluasi dari wilayah pelepasan PT. Kideco Jaya Agung dan Blok Bengalon Utara merupakan evaluasi dari wilayah pelepasan PT. Kaltim Prima Coal. Wilayah evaluasi dari pelepasan badan usaha, dapat diusulkan sebagai WP dengan peruntukan sebagai WUPK untuk ditindaklanjuti sebagai WIUPK.

#### Blok Pinang Jatus

Blok Pinang Jatus merupakan Blok eks PT Kideco Jaya Agung, diusulkan menjadi WUPK untuk ditindaklanjuti sebagai WIUPK, memiliki luas sebesar 6.521,68 hektar, berada pada Kecamatan Long Kali, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Telakai. Terdapat data singkapan batubara dengan variasi ketebalan hingga 0,8 meter. Batubara pada blok ini memiliki nilai kalori 3.936 – 5.783 kal/gr (adb). Kandungan abu batubara pada Blok

Pinang Jatus sebesar 10,96% - 25,9%. Total sulfur batubara memiliki rentang nilai sebesar 0,55% - 1,88%. Estimasi potensi batubara sebesar 3,6 juta ton.

#### Blok Samu Biu

Blok Samu Biu merupakan Blok eks PT Kideco Jaya Agung, diusulkan menjadi WUPK untuk ditindaklanjuti sebagai WIUPK, memiliki luas sebesar 7.843,18 hektar, berada pada Kecamatan Muara Samu, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Formasi Warukin. Terdapat 55 lapisan batubara yang tersebar pada daerah Samu dan daerah Muser, dengan variasi ketebalan 0,3 meter hingga hingga 17,4 meter. Nilai kalori batubara pada Blok Samu Biu berkisar antara 4827 kcal/kg – 6627 kcal/kg (adb), *Total Sulphur* antara 0,11% - 4,56% (adb) dan kandungan abu antara 0,7% - 7,5% (adb). Estimasi sumber daya batubara yang didapatkan pada daerah Samu sebesar 4,14 juta ton dan estimasi sumber daya batubara di daerah Muser sebesar 3,2 juta ton sehingga total nilai estimasi sumberdaya adalah sebesar 7,34 juta ton.

#### Blok Tamalea

Blok Tamalea diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 6.682 hektar, berada di Desa Tamalea, Kecamatan Bonehau, Kabupaten Mamuju, Provinsi

Sulawesi Barat. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Toraja. Ketebalan lapisan batubara dari 0,20 - 4,75 meter. Kualitas batubara berdasarkan nilai kalori antara 4.407 – 7.143 kal/g (adb) dengan nilai reflektansi vitrinit antara 0,51 – 0,71% yang berada pada peringkat *high volatile bituminous B – A*. Total sulfur batubara Blok Tamalea memiliki rentang nilai sebesar 0,71 – 8,12% (adb). Kadar abu memiliki rentang nilai sebesar 2,43% – 41,68% (adb). Sumber daya batubara pada blok ini masuk kategori sumberdaya inventori tereka (SNI 2019), dengan nilai inventori tereka mencapai 0,87 juta ton dan hipotetik mencapai 6,53 juta ton.

#### Blok Bengalon Utara

Blok Bengalon Utara merupakan Blok eks PT Kaltim Prima Coal (KPC), diusulkan menjadi WUPK untuk ditindaklanjuti sebagai WIUPK, memiliki luas sebesar 17.396,9 hektar, berada pada Kecamatan Bengalon dan Kecamatan Kaubun, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Balikpapan. Ketebalan batubara dari data bor memiliki variasi berkisar antara 0,03 – 15,92 meter. Blok Bengalon Utara mempunyai kualitas batubara rata-rata dengan nilai kalori 5.494 kal/gr (adb), kandungan abu 5,5% (adb), *total moisture* 23,3% (ar), total sulfur 1,4% (adb). Total estimasi sumber daya batubara pada Blok

Bengalon Utara adalah sebesar 572 juta ton, dengan rincian sumber daya tereka sebesar 30 juta ton, sumber daya tertunjuk sebesar 106 juta ton dan sumber daya terukur sebesar 436 juta ton. Estimasi cadangan batubara pada Blok Bengalon Utara adalah sebesar 72,33 juta ton dengan rincian cadangan terbukti sebesar 60,41 juta ton dan cadangan terkira sebesar 11,92 juta ton.

#### Blok Ketahun Pinang Raya

Blok Ketahun Pinang Raya diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 1.925,6 hektar, berada pada Kecamatan Ketahun dan Pinang Raya, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Bintunan. Terdapat 2 lapisan batubara pada Blok Ketahun Pinang Raya. Batubara pada blok ini memiliki nilai kalori 5.836 – 6.624 kal/gr (adb). Kandungan abu batubara memiliki rentang nilai sebesar 6,56 – 12,98%. Total sulfur memiliki rentang nilai sebesar 0,29 – 0,56%. Nilai HGI memiliki rentang nilai sebesar 55,12 – 59,96. Sumber daya batubara pada blok ini masuk kategori tereka, dengan nilai estimasi sebesar 8.603.400 ton.

#### Blok Sungai Akar

Blok Sungai Akar, diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 1.732,61

hektar, berada di Desa Sungai Akar dan sekitarnya, Kecamatan Batang Gansal, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Lakat yang berumur Oligosen s.d. Miosen Awal. Data batubara yang terdapat pada blok tersebut berasal dari singkapan, sumur/parit uji, pengeboran dan sesimik. Singkapan dengan indikasi batubara yang dijumpai di Blok Sungai Akar berjumlah 12 singkapan. Terdapat satu lapisan batubara utama pada Blok Sungai Akar dengan ketebalan lapisan 1,42 s.d. 2,07 meter. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, batubara pada blok ini memiliki peringkat *high volatile bituminous* dengan nilai kalori berkisar 5.246 kal/g s.d. 6.507 kal/gr (adb). Kandungan abu batubara antara 13,84% s.d. 28,28%; total sulfur antara 0,45% s.d. 1,74%; nilai HGI antara 55 s.d. 62, nilai *volatile matter* (VM) antara 31,59% s.d. 40,46% (adb). Sumber daya batubara pada Blok Sungai Akar masuk kedalam kategori Inventori Tertunjuk (SNI 2019), dengan nilai sebesar 3.363.968,75 ton.

#### Blok Batu ampar

Blok Batu Ampar diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 423,24 hektar, berada di Desa Batu Ampar dan sekitarnya, Kecamatan Kemuning, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Formasi pembawa batubara pada blok ini

adalah Formasi Formasi Lakat yang berumur Oligosen s.d. Miosen Awal. Lapisan batubara memiliki ketebalan 0,6 – 1,5 meter. Berdasarkan nilai reflektan vitrinit yang memiliki rentang 0,49 – 0,53%, batubara pada blok ini memiliki peringkat sub-bituminus hingga bituminous dengan nilai kalori 4.265 – 6.666 kal/gr (adb). Nilai *volatile matter* (VM) berkisar antara 31,6% – 41,35% (adb). Kandungan abu berkisar antara 10,53% – 31,09% (adb). Total sulfur berkisar antara 1,125% – 1,65% (adb). HGI berkisar antara 66 – 85. Sumber daya batubara pada blok ini masuk kategori Target Eksplorasi (SNI 2019), dengan nilai target eksplorasi sebesar 414.720 ton – 829.440 ton.

#### Blok Pagardin

Blok Pagardin diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 1.129,19 hektar, berada pada Desa Tanjung Dalam, Kecamatan Tanjung Dalam, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Lemau dan Formasi Bintunan. Terdapat 3 singkapan batubara dengan ketebalan lapisan 0,7 – 4 meter. Nilai Vitrinit Reflektan memiliki rentang 0,35 – 0,36%, nilai kalori 5.604 – 5.905 kal/gr (adb). Kandungan abu batubara pada Blok Pagardin antara 7,06% dan 16,75% (adb). Total sulfur batubara memiliki rentang nilai total sulfur antara

0,23% dan 3,93% (adb). Nilai HGI batubara memiliki rentang nilai 50 – 65. Sumber daya batubara pada blok ini masuk kategori Target Eksplorasi (SNI 2019), dengan nilai sumberdaya Target Eksplorasi sebesar 2.760.115 – 5.520.229 ton.

#### Blok Tanjung Alai

Blok Tanjung Alai diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, memiliki luas sebesar 1.541,51 hektar, berada pada Desa Tanjung Alai, Kecamatan Napal putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Formasi pembawa batubara pada blok ini adalah Formasi Lemau dan Formasi Bintunan. Terdapat 2 singkapan batubara pada Blok Tanjung Alai, dengan ketebalan batubara 1 – 3 meter. Nilai Vitritinit Reflektan yang memiliki rentang 0,35 - 0,36 %. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa kadar air pada batubara di blok usulan antara 24,27% - 25,99% (ar), nilai kadar zat terbang (*volatile matter*) antara 44,01% - 46,32% (adb), kadar abu berkisar antara 7,89% - 8,34% (adb) dan nilai kalori batubara berkisar antara 5.843 dan 6.226 kal/gr (adb). Sumber daya batubara pada blok ini masuk kategori Target Eksplorasi (SNI 2019), dengan nilai sumberdaya Target Eksplorasi sebesar 185.085 – 370.172 ton.

#### Blok Hendea Utara

Blok Hendea Utara, diusulkan menjadi WUP untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP, merupakan blok prospek untuk WP Aspal, memiliki luas sebesar 256,35 hektar, berada pada Desa Hendea dan Desa Sandang Pangan, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Formasi pembawa aspal pada blok ini adalah Formasi Wapulaka dan Formasi Sampolakosa. Berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan dan rekonstruksi pengukuran di lapangan, pada blok usulan terdapat 40 singkapan batuan dan 5 titik bor yang mengandung aspal ketebalan berkisar dari 0,40 s.d 11,40 meter. Berdasarkan hasil analisis ekstraksi dan kadar aspal menunjukkan bahwa persentase kadar aspal sebesar 2,83% s.d. 31,6%, kadar air 0,1% s.d. 6,50%, penetrasi aspal 1,00 s.d. 11,00 dmm, titik lembek aspal 69,50 s.d. 86,80oC, daktilitas aspal 0,20 s.d 4,00 cm/menit, dan berat jenis aspal 1,102 g/cc. Potensi aspal dikategorikan menjadi 2 kategori sumber daya yaitu tereka dan hipotetik. Sumber daya tereka jumlah batuan yang mengandung aspal sebesar 195.000 ton dan sumber daya aspal 41.386 ton. Sedangkan untuk sumber daya hipotetik jumlah batuan yang mengandung aspal sebesar 1.049.100 ton dan sumber daya aspal 162.700 ton.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan evaluasi data sekunder, penyusunan data dan informasi sumber daya geologi, menghasilkan 9 blok prospek batubara dan 1 blok prospek aspal yang dapat disiapkan sebagai WP Batubara/Aspal. Blok prospek tersebut direkomendasikan untuk ditindaklanjuti sesuai dengan peruntukannya masing-masing.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah membantu dalam kegiatan ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.  
Peraturan Pemerintah No. 96 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.  
Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 7 Tahun 2020 tentang Tata Cara Pemberian Wilayah, Perizinan, dan Pelaporan pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.  
Anonim. 2019. Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara, (SNI 5015:2019), Badan Standar Nasional. Jakarta.

## PENYIAPAN DATA DAN INFORMASI SUMBER DAYA GEOLOGI UNTUK PENGUSULAN WILAYAH PROSPEK GAS METANA BATUBARA

**Sigit A. Wibisono, Eko Budi Cahyono, Rahmat Hidayat, dan Penny Oktaviani**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Penyusunan data dan informasi sumber daya geologi untuk pengusulan wilayah prospek gas metana batubara (GMB) bertujuan memberikan usulan rekomendasi teknis wilayah prospek GMB. Kegiatan dilakukan dengan menggunakan metode inventarisasi, evaluasi, dan diskusi terhadap data sekunder dari hasil kegiatan eksplorasi pendahuluan propeksi batubara geologi dan geofisika daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau.

Blok usulan prospek GMB berada pada satuan batulempung sisipan batubara Formasi Lakat berumur Oligosen Akhir s.d. Miosen Awal dengan luas 1.990,04 ha. Berdasarkan interpretasi dan hasil pengamatan di lapangan, kenampakan megaskopis *seam* batubara dari Formasi Lakat umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm, terdapat pirit, *cleat cubical*. Kontak *floor* tegas dengan batulempung, sedangkan *roof* undulasi dengan batupasir. Hasil interpretasi data seismik dari hasil kegiatan eksplorasi maupun literatur mengindikasikan bahwa pola penyebaran *seam* batubara searah kemiringan (*dip*) atau bawah permukaan (kedalaman > 100 m) pada Formasi Lakat relatif baik

Berdasarkan kriteria-kriteria yang digunakan dalam pengusulan wilayah prospek GMB, maka *seam* A merupakan *seam* yang dapat dilakukan perhitungan sumber dayanya. Berdasarkan hasil korelasi, *seam* A mempunyai ketebalan berkisar 1,42 m s.d. 2,07 m dengan pola penyebaran secara lateral ke bawah permukaan dari arah barat daya ke timur laut sampai kedalaman > 300 meter. Kandungan gas CH<sub>4</sub> (metana) pada *seam* A dalam basis *ash analysed* berkisar 46 scf/ton s.d. 115 scf/ton dengan jumlah potensi batubara di daerah usulan wilayah prospek GMB Sungai Akar berkisar 5.511.344,53 ton atau 5,51 juta ton s.d. 11.022.689,03 ton atau 11,02 juta ton dengan jumlah *Gas initial in Place* (GIIP) berkisar 425.470.237,57 scf atau 0,43 Bcf s.d. 850.940.473,65 scf atau 0,85 Bcf.

**Kata kunci:** Gas Metana Batubara, Formasi Lakat, Wilayah Prospek, Data dan Informasi

## **PENDAHULUAN**

Dalam rangka menyiapkan rekomendasi teknis untuk pengusulan wilayah prospek Gas Metana Batubara (GMB), Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) pada tahun 2023 melaksanakan kegiatan Penyusunan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Prospek GMB.

Berdasarkan Undang - Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2009 tentang perubahan kedua atas Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, serta Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 35 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penetapan dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi, yang menyebutkan bahwa secara umum, Gas Metana Batubara merupakan salah satu sumber daya alam strategis yang cukup potensial untuk memasok kebutuhan energi nasional, sehingga dalam rangka diversifikasi energi, GMB perlu dikembangkan secara optimal.

PSDMBP berdasarkan Permen ESDM Nomor 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mempunyai tugas dan fungsi melaksanakan kegiatan penyiapan data dan informasi sumber daya geologi untuk pengusulan wilayah prospek GMB.

## **METODOLOGI**

Kegiatan penyiapan usulan wilayah prospek GMB pada tahun 2023 merujuk kepada Peraturan Menteri ESDM Nomor 35 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penetapan dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi. Wilayah Kerja adalah daerah tertentu di dalam wilayah hukum pertambangan Indonesia untuk pelaksanaan eksplorasi dan eksploitasi. Gas Metana Batubara (*Coalbed Methane*) adalah Gas Bumi (hidrokarbon) yang komponen utamanya yang terjadi secara alamiah dalam proses pembentukan batubara (*coalification*) dalam kondisi terperangkap dan terserap (teradsorpsi) di dalam batubara dan/atau lapisan batubara.

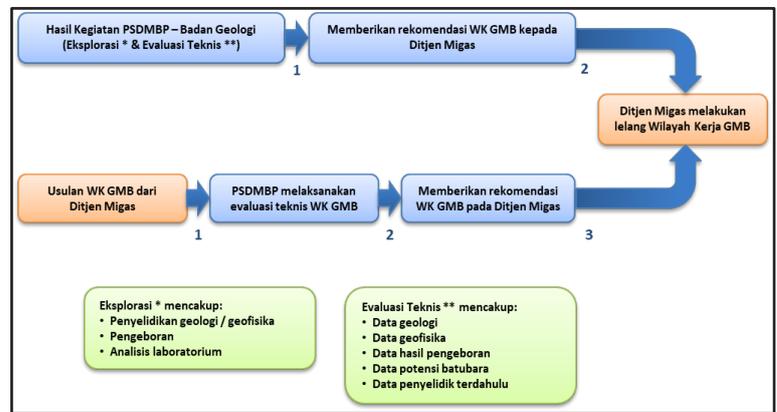
Skema kandidat wilayah prospek GMB dapat berasal dari hasil penyelidikan PSDMBP dan/atau skema usulan wilayah dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas (Ditjen Migas) (Gambar 1). Pada skema pertama, PSDMBP melakukan evaluasi teknis terhadap hasil penyelidikan PSDMBP sebelumnya. Apabila berdasarkan hasil evaluasi teknis menunjukkan daerah tersebut layak diusulkan untuk menjadi wilayah prospek GMB, maka hasil evaluasi teknis tersebut dapat direkomendasikan ke Ditjen Migas sebagai pertimbangan untuk tindak lanjut berikutnya. Untuk skema kedua, Ditjen Migas mempunyai kandidat WK GMB yang kemudian secara teknis dilakukan evaluasi oleh PSDMBP. Hasil evaluasi teknis ini selanjutnya diserahkan kembali

ke Ditjen Migas, apabila direkomendasikan untuk menjadi WK GMB maka akan ditindaklanjuti dengan proses lelang.

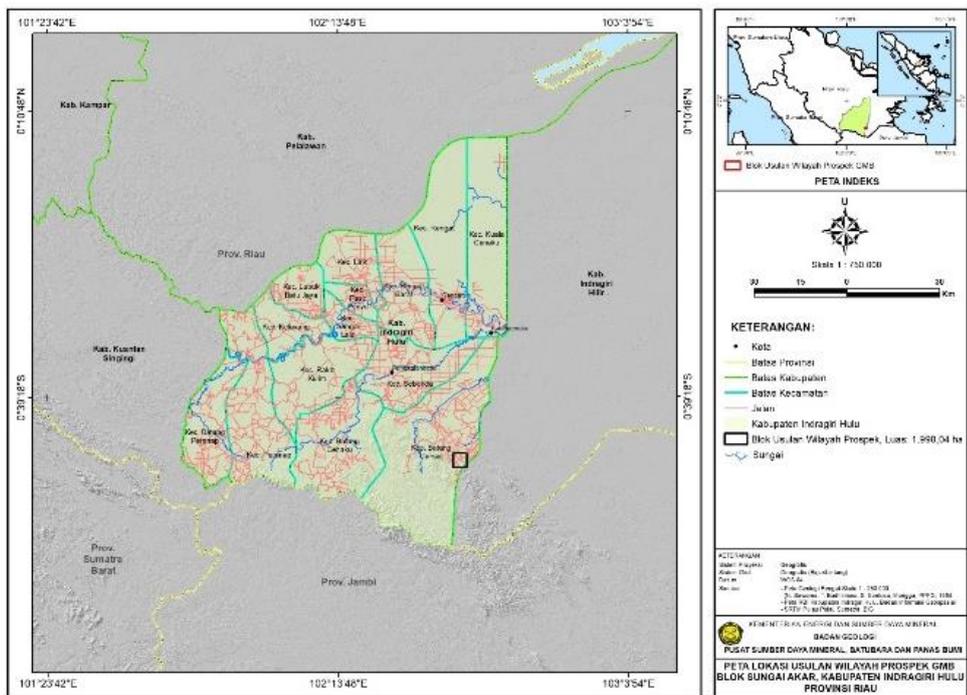
**USULAN WILAYAH PROSPEK GMB**

Wilayah yang diusulkan menjadi wilayah prospek GMB adalah Blok Sungai Akar di Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau (Gambar 2). Pemilihan daerah ini berdasarkan hasil evaluasi geologi,

geofisika, dan data batubara sebagai *reservoir* di wilayah evaluasi. Sumber data berasal dari data geologi, geofisika, pengeboran batubara, dan analisis laboratorium yang berasal dari kegiatan Eksplorasi Pendahuluan Prospeksi Batubara Geologi dan Geofisika Daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau yang dilakukan oleh Tim PSDMBP Tahun Anggaran 2023.



Gambar 1. Proses usulan wilayah prospek GMB



Gambar 2. Usulan wilayah prospek GMB

## KRITERIA PENENTUAN USULAN WILAYAH PROSPEK GMB

Kriteria yang digunakan untuk menentukan wilayah potensi GMB dalam rangka penyiapan data untuk usulan wilayah prospek GMB meliputi;

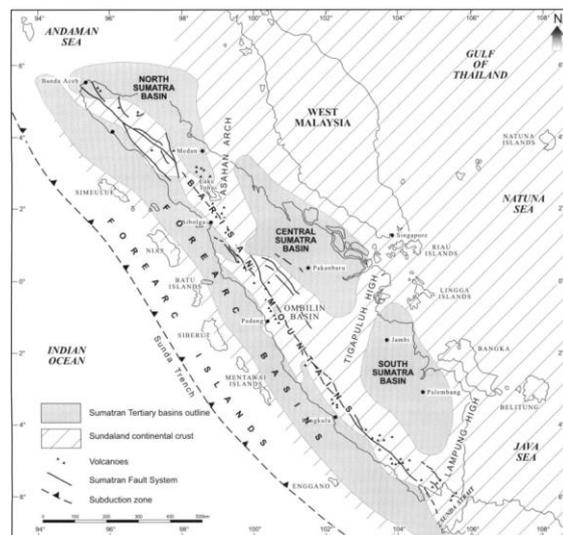
- Memiliki formasi pembawa batubara yang berpotensi untuk wilayah GMB.
- Jurus dan kemiringan batubara serta struktur geologi di daerah usulan.
- Kedalaman *seam* batubara >100 meter.
- Ketebalan minimal lapisan batubara 1 meter.
- Peringkat batubara minimal subbituminus.

## HASIL USULAN WILAYAH PROSPEK GMB

Berdasarkan hasil kegiatan penyusunan data dan informasi sumber daya geologi untuk pengusulan wilayah prospek GMB, Blok Sungai Akar menjadi wilayah yang diusulkan menjadi usulan wilayah prospek GMB.

Secara umum, usulan wilayah termasuk dalam Cekungan Sumatra Tengah merupakan salah satu cekungan busur belakang di Pulau Sumatra, berkembang di sepanjang tepi barat dan selatan Paparan Sunda terletak di barat daya Asia Tenggara. Cekungan Sumatra Tengah terbentuk dalam kurun waktu Tersier Awal (Eosen s.d. Oligosen).

Cekungan Sumatra Tengah memiliki ketebalan sedimen berkisar 2.500 meter s.d. 3.000 meter, merupakan serangkaian *syn-rift* dan *post-rift* meliputi; Kelompok Pematang berumur Eosen s.d. Oligosen, Kelompok Sihapas berumur Awal Miosen, Kelompok Petani berumur Miosen Tengah s.d. Pliosen, dan Formasi Minas berumur Plio-Plistosen. Pada bagian barat laut, Cekungan Sumatera Tengah berbatasan dengan Cekungan Sumatra Utara yang dipisahkan oleh Busur Asahan (*Asahan Arch*), sedangkan pada bagian tenggara berbatasan dengan Cekungan Sumatra Selatan yang dipisahkan oleh Tinggian Tigapuluh (*Tigapuluh High*) (Barber dkk., 2005) (Gambar 3).



**Gambar 3.** Tatanan tektonik regional Pulau Sumatra (Barber, dkk., 2005)

## Wilayah Prospek

Usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar berada di Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau dengan luas wilayah 1.990,04 Ha. Koordinat geografis usulan

Wilayah Prospek GMB Blok Sungai dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tata Guna Lahan**

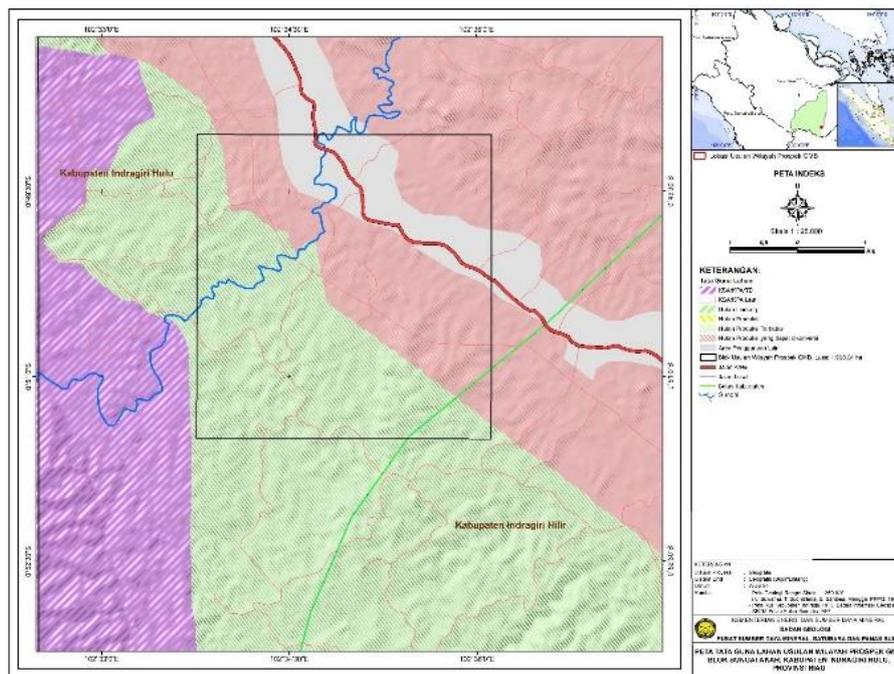
Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2009 tentang Penegasan Status dan Fungsi Kawasan Hutan. Tata guna lahan usulan wilayah prospek berada dikawasan hutan produksi, hutan produksi terbatas, dan area penggunaan lain (APL) (Gambar 4). Definisi masing-masing Kawasan tersebut sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2009 sebagai berikut;

- Hutan produksi yang dapat dikonversi yang selanjutnya disebut HPK adalah kawasan hutan yang secara ruang dicadangkan untuk digunakan bagi pembangunan di luar kehutanan.

- Hutan produksi terbatas yang selanjutnya disebut HPT adalah kawasan hutan dengan faktor-faktor kelas lereng, jenis tanah dan intensitas hujan setelah masing-masing dikalikan dengan angka penimbang mempunyai jumlah nilai antara 125-174, di luar kawasan lindung, hutan suaka alam, hutan pelestarian alam dan taman buru.
- Area penggunaan lain yang selanjutnya disebut APL adalah areal bukan kawasan hutan.

**Tabel 1.** Koordinat usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar

NO	BUJUR TIMUR			LINTANG SELATAN		
	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
1	102	33	46,12	0	49	2,14
2	102	36	7,44	0	49	2,14
3	102	36	7,44	0	51	30,60
4	102	33	46,12	0	51	30,60



**Gambar 4.** Peta tata guna lahan usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar

## Data Dukung Teknis

### Data Geologi

Data geologi yang terdapat di usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar berasal dari kegiatan eksplorasi pendahuluan prospeksi batubara geologi dan geofisika daerah Sungai Akar, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau. Pada blok ini terdapat 10 (sepuluh) singkapan, 4 (empat) sumur uji, dan 4 (empat) titik pengeboran batubara yang pola penyebarannya sebagian besar di bagian tengah dan selatan wilayah usulan serta berada Satuan Batulempung Sisipan Batubara Formasi Lakat (Gambar 5).

Kegiatan pemetaan geologi permukaan dan pembuatan sumur uji menemukan singkapan batubara dengan ketebalan berkisar 0,10 s.d. 1,70 m. Kegiatan pengeboran dilakukan sebanyak 4 (empat) titik dengan kedalaman pengeboran  $\pm$  100 m dan ditemukan *seam* batubara pada kisaran kedalaman 14,00 m dan 100,00 m dengan variasi ketebalan berkisar 0,10 m s.d. 2,07 m.

Berdasarkan interpretasi dan hasil pengamatan di lapangan, kenampakan megaskopis *seam* batubara dari Formasi Lakat umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm, terdapat pirit, *cleat cubical*. Kontak *floor* tegas dengan batulempung, sedangkan *roof* undulasi dengan batupasir. Arah *seam* batubara umumnya relatif barat laut s.d. tenggara

dan umumnya memiliki kemiringan berkisar  $6^{\circ}$  s.d.  $40^{\circ}$  ke arah timurlaut serta memiliki kompleksitas struktur yang relatif sederhana, sehingga tidak banyak berpengaruh pada pelamparan lateral maupun vertikal *seam* batubara tersebut.

Berdasarkan hasil korelasi data geologi mengidentifikasi 7 (tujuh) *seam* berdasarkan data keterdapatannya batubara yang ditemukan pada singkapan (SP-01), sumur uji (SU-01), dan titik bor (SB-01, SB-02, SB-03, dan SB-04) yaitu *seam* A, *seam* B, *seam* C, *seam* D, *seam* E, *seam* F dan *seam* G (Gambar 5).

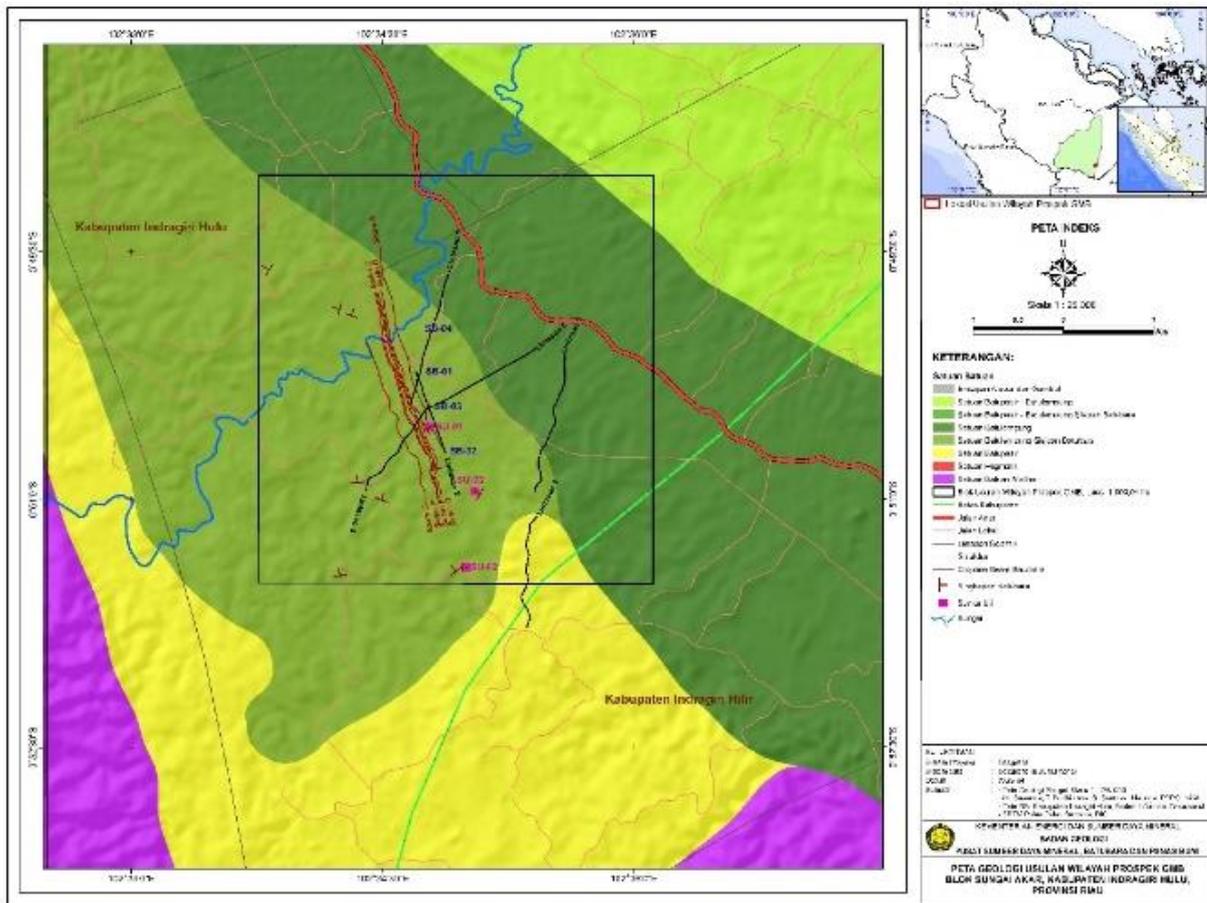
Hasil korelasi dan interpretasi berdasarkan data singkapan, sumur uji, dan pengeboran mengindikasikan bahwa arah kemiringan (*dip*) *seam* batubara melampar secara lateral ke arah timur laut dengan kemiringan  $15^{\circ}$ .

Struktur geologi daerah usulan dapat diinterpretasikan dari hasil pemetaan dan pengamatan di lapangan serta indikasi lainnya. Hasil interpretasi data mengindikasikan bahwa struktur geologi yang berkembang adalah perlipatan sinklin dan antiklin, namun khusus di wilayah yang terdapat data singkapan, sumur uji dan pengeboran terindikasi tidak ada struktur.

Pola penyebaran *seam* batubara dikorelasikan ke arah jurus (*strike*) dan ke arah kemiringan (*dip*) dari *seam* tersebut berdasarkan data singkapan, sumur uji, dan pengeboran. Hasil interpretasi mengindikasikan bahwa daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar

mempunyai 7 (tujuh) *seam* batubara dengan ketebalan berkisar antara 0,10 m s.d. 2,07 m. Seam yang memiliki ketebalan > 2,00 m hanya *seam* A, sedangkan *seam* lainnya memiliki ketebalan < 2,00 m. Ketebalan *seam* A berkisar 1,42 m s.d. 2,07 m, *seam* B berkisar 0,24 m s.d. 0,26 m, *seam* C berkisar 0,10 m s.d. 0,11, *seam* D

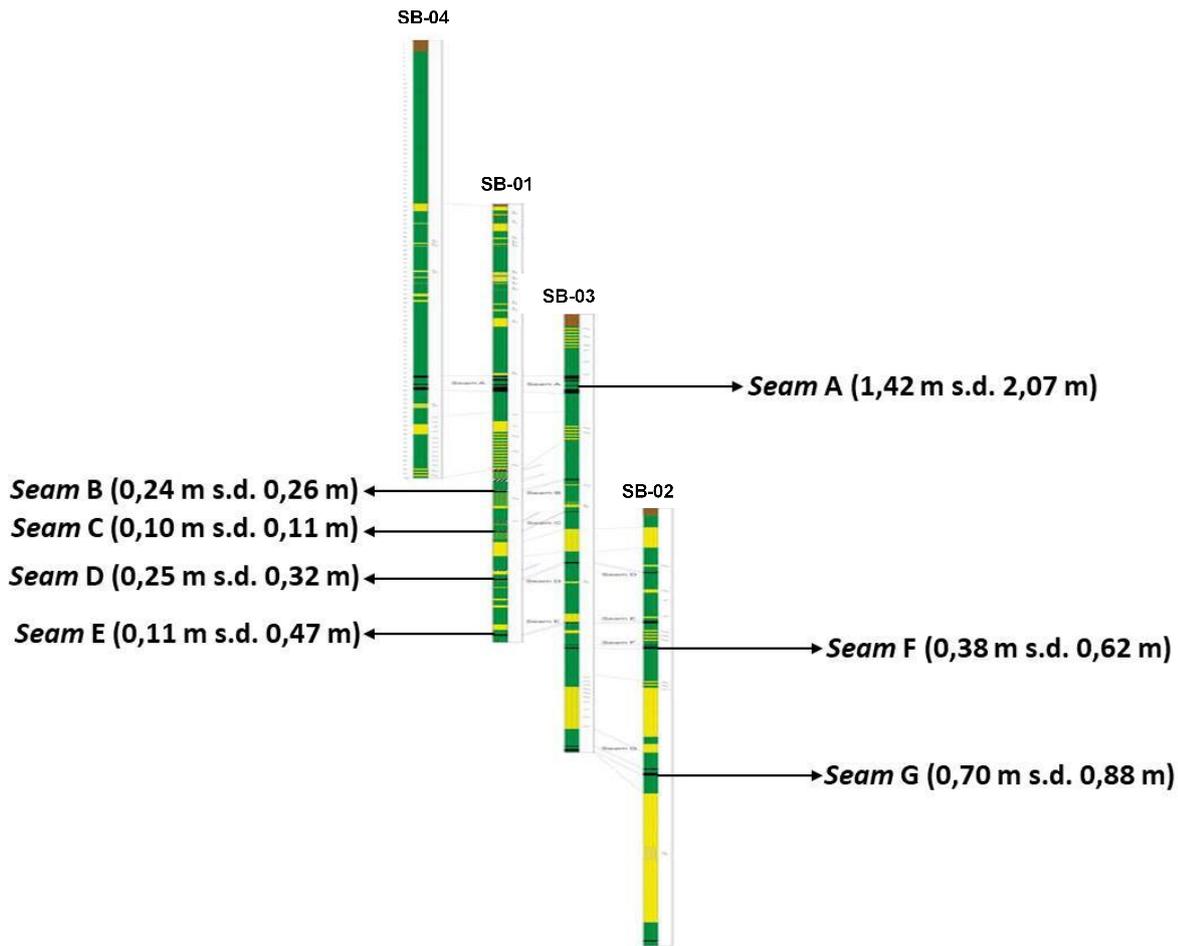
berkisar 0,25 m s.d. 0,32 m, *seam* E berkisar 0,11 m s.d. 0,47, *seam* F berkisar 0,38 m s.d. 0,62 m dan *seam* G berkisar 0,70 m s.d. 0,88 m. Detail ketebalan masing-masing *seam* di wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6.



Gambar 5. Lokasi singkapan, *cropline*, sumur uji, dan titik pengeboran usulan wilayah prospek

Tabel 2. Ketebalan *seam* batubara di daerah usulan wilayah prospek

No	Nama Seam	Kisaran Ketebalan (m)
1	A	1,42 - 2,07
2	B	0,24 - 0,26
3	C	0,10 - 0,11
4	D	0,25 - 0,32
5	E	0,11 - 0,47
6	F	0,38 - 0,62
7	G	0,70 - 0,88



**Gambar 6.** Korelasi seam Batubara (tanpa skala) di usulan wilayah prospek

### Data Geofisika

Data geofisika dengan metode seismik refleksi di daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar terdiri atas 6 (enam) lintasan dengan orientasi yang berbeda-beda dengan total panjang lintasan 8.170 m (Gambar 7). Lintasan 1 memiliki arah relatif barat daya s.d. timur laut dengan panjang 1.550 m, Lintasan 2 sepanjang 980 m berarah relatif tenggara s.d. barat laut, Lintasan 3 mempunyai panjang 1.225 m dengan arah relatif barat daya s.d. timur laut, Lintasan 4 mempunyai panjang 1.360 m dengan arah relatif barat daya s.d. timur laut, Lintasan 5 memiliki

panjang 1.655 m dengan arah relatif barat daya s.d. timur laut, dan Lintasan 6 berada di antara Lintasan 1 dan Lintasan 5 memiliki panjang 1.400 m. Seluruh lintasan seismik ini memiliki profil ketinggian (elevasi) yang berbeda-beda. Seluruh data pengukuran topografi menggunakan perhitungan dan akan dihasilkan suatu profil masing-masing lintasan pengukuran (Gambar 7).

### Data Adsorption Isotherm

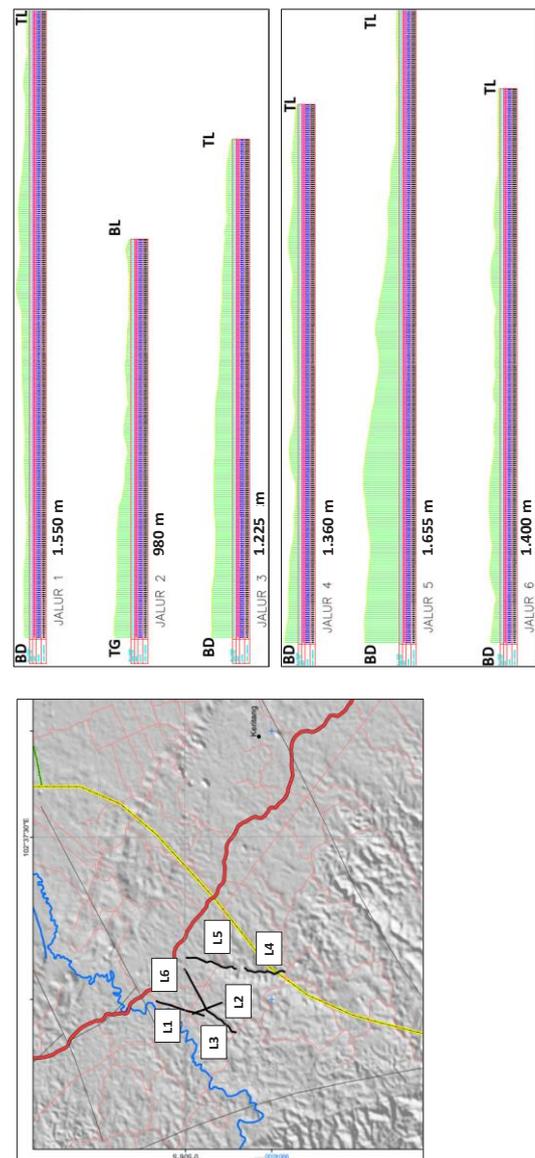
Untuk keperluan penghitungan GIIP, 3 (tiga) sampel batubara dipilih untuk dilakukan analisis *adsorption isotherm*

yang mewakili *seam* berbeda di daerah usulan. Analisis dilakukan oleh laboratorium Energy Resources Consulting Pty., Ltd. di Australia. Hasil pengukuran *adsorption isotherm* dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan literatur, kedalaman ideal keterdapatn gas metana batubara (GMB) adalah  $> 100$  m atau kisaran kedalaman 300 m s.d. 600 m. Di daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar, sampel yang dianalisis diambil pada kedalaman batubara  $> 100$  m.

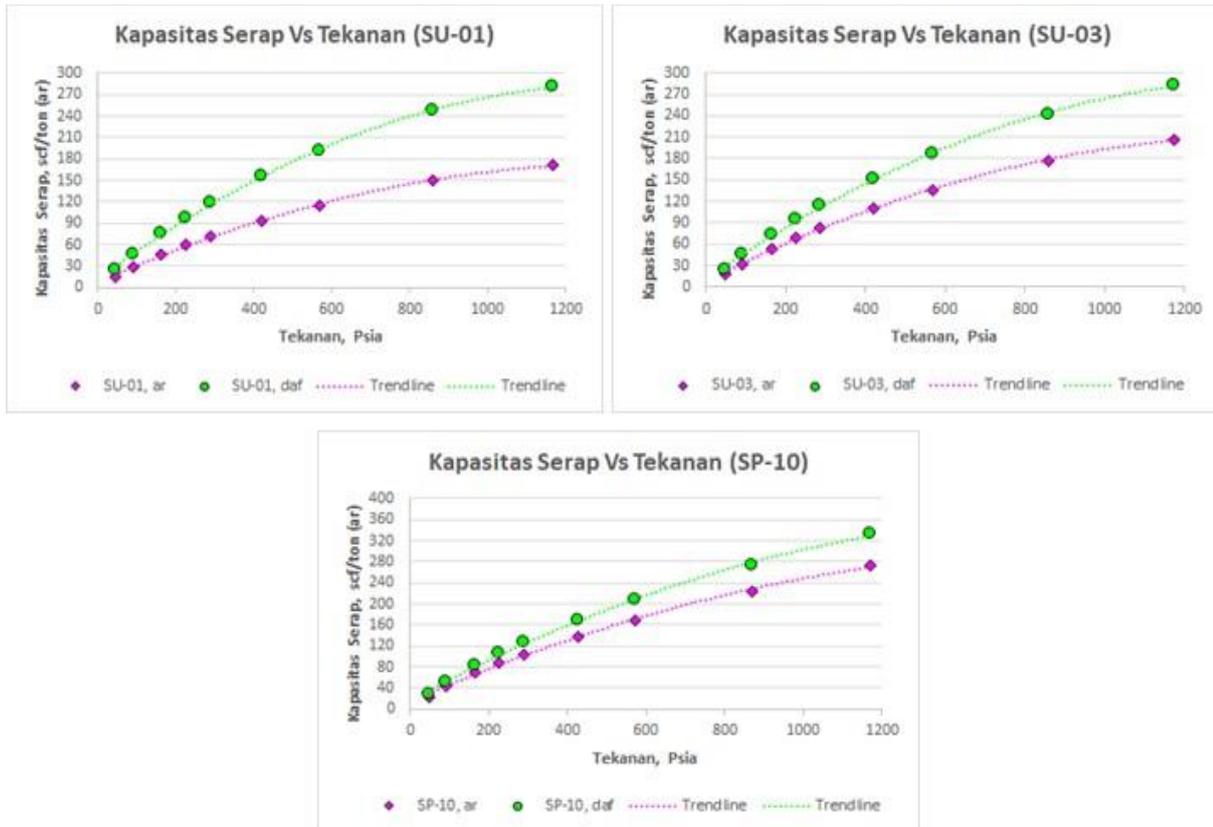
Analisis *adsorption isotherm* batubara di daerah usulan menggunakan gas  $\text{CH}_4$  dilakukan pada tekanan maksimum 8 Mpa (1.160 psia) dan suhu  $46,10^0$  C ( $115^0$  F) pada 3 (tiga) sampel batubara dengan kode SU-01, SU-03, dan SP-10 (Gambar 8 dan Tabel 3).

Hasil analisis *adsorption isotherm* dengan menggunakan gas  $\text{CH}_4$  terindikasi bahwa sampel batubara pada basis *as received* (ar) memiliki kapasitas serap (*capacity storage*) relatif rendah dibandingkan basis *dry ash free* (daf). Hal ini dikarenakan pada basis ar, seluruh sampel batubara masih mempunyai kandungan air, sedangkan pada basis daf seluruh sampel tersebut tidak mempunyai kandungan air dan abu sehingga kemampuan serap seluruh sampel batubara pada basis daf umumnya relatif lebih tinggi dibandingkan basis ar. Selain

itu, untuk mengetahui karakteristik batubara sebagai *reservoir* umumnya digunakan hasil analisis ber-basis ar, sedangkan hasil analisis ber-basis daf digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara (Moore, 2012).



**Gambar 7.** Peta dan profil lintasan seismik di daerah usulan



**Gambar 8.** Plot tekanan terhadap kapasitas serap (*storage capacity*) gas CH<sub>4</sub> dalam basis ar (*as received*) dan daf (*dry ash free*)

**Tabel 3.** Kandungan gas CH<sub>4</sub> dari hasil analisis *adsorption isotherm*

Nama Blok	Kode Sampel	Nama Seam Batubara	Tekanan (psia)	Kandungan Gas CH <sub>4</sub> (scf/ton)	
				as analyzed (ar)	dry ash free (daf)
Sungai Akar	SU-01	A	288	72	118
	SU-03	-	287	84	114
	SP-10	E	426	138	168

Sampel yang dilakukan analisis *adsorption isotherm* mewakili 2 (dua) seam batubara yaitu seam A (SU-01) dan seam E (SP-10). Kandungan gas CH<sub>4</sub> pada tekanan 287 psia s.d. 426 psia atau ekuivalen pada kedalaman > 100 m atau kisaran kedalaman 300 m s.d. 600 m berkisar 72 scf/ton s.d. 138 scf/ton (ar) atau 114 scf/ton s.d. 168 scf/ton (daf).

### Karakteristik Batubara

Karakteristik batubara (peringkat dan tipe) dapat diidentifikasi berdasarkan kenampakan megaskopis yang didukung oleh hasil analisis laboratorium. Sebanyak 20 (dua puluh) sampel batubara yang berasal dari daerah usulan telah dilakukan analisis kimia (proksimat dan ultimat), air bebas atau *free moisture* (FM), air total atau *total moisture* (TM), berat jenis atau *specific gravity* (SG), indeks kemudahan digerus atau *hardgrove grindability index* (HGI), nilai kalori atau *calorific value* (CV), sulfur total atau *total sulphur* (TS), fisika (petrografi) dan abu di laboratorium PSDMBP. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Penentuan karakteristik batubara umumnya dapat terlihat melalui peringkat batubara (tingkat kematangan) dan komposisi material organik penyusunnya (tipe batubara). Analisis kimia (proksimat dan ultimat) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan

peringkat batubara. Beberapa parameter analisis proksimat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara yaitu lengas (*Moisture* - M), karbon tertambat (*Fixed Carbon* - FC), abu (*Ash* - A) dan zat terbang (*Volatile Matter* - VM) (Speight, 2005).

**Tabel 4.** Tabulasi hasil analisis proksimat, total sulfur, HGI, abu, air bebas, air total, berat jenis, dan kalori batubara di daerah usulan

Kode Sampel	FM	TM	M	VM	FC	Ash	TS	HGI	SG	CV	Seam
	% (ar)		% (adb)					% (adb)		kal/g (adb)	
SB-01.A	8,99	11,66	2,93	36,59	32,21	28,28	1,74	62	1,47	5.423	A
SB-03.A	10,73	13,75	3,38	40,46	42,32	13,84	1,72	59	1,36	6.507	A
SB-04.A	9,44	12,34	3,20	36,14	36,59	24,08	0,81	55	1,43	5.737	A
SB-01-03.B	10,73	13,23	2,81	35,85	36,95	24,41	0,96	-	1,43	5.674	B
SB-01-03.C	14,41	17,53	3,65	35,90	46,42	14,04	0,60	-	1,37	6.516	C
SB-01-02-03.D	12,28	15,23	3,37	34,63	41,65	20,37	0,98	-	1,42	5.970	D
SB-01-02-03.E	8,09	10,26	2,37	29,89	21,39	46,36	2,49	-	1,75	3.644	E
SB-02-03.F	9,96	12,19	2,48	19,71	10,47	67,36	0,33	-	2,03	1.668	F
SB-02-03.G	8,64	11,29	2,91	24,09	18,28	54,73	0,65	-	1,83	2.934	G
SP-01	12,45	15,34	3,31	37,48	35,40	23,82	0,45	-	1,44	5.670	A
SP-02	14,34	17,37	3,55	27,42	22,15	46,89	0,44	69	1,75	3.348	-
SP-07	21,93	26,81	6,25	37,99	52,60	3,17	0,64	77	1,41	6.296	-
SP-08	12,85	16,71	4,44	38,20	38,79	18,58	0,46	69	1,44	5.713	-
SP-10	16,42	19,66	3,88	39,13	51,73	5,27	0,53	60	1,34	6.885	E
SP-11	14,92	18,00	3,62	36,50	41,28	18,61	1,36	59	1,44	5.898	-
SP-14	14,40	17,40	3,50	32,10	38,29	26,13	0,96	76	1,52	5.205	-
SP-15	13,39	16,59	3,69	27,25	26,66	42,41	0,51	82	1,72	3.681	-
SP-16	12,18	15,26	3,50	44,17	48,21	4,13	1,52	71	1,29	7.289	-
SU-01	13,44	16,71	3,78	31,59	38,90	25,74	0,64	-	1,52	5.246	A
SU-03	10,33	13,48	3,51	41,99	39,43	15,08	1,22	-	1,38	6.403	-

**Tabel 5.** Tabulasi hasil analisis ultimat batubara di daerah usulan

Kode Sampel	Karbon	Hidrogen	Nitrogen	Sulfur	Oksigen	Seam
	% (daf)					
SB-01.A	79,82	6,73	1,58	2,52	9,34	A
SB-03.A	78,97	5,99	1,56	2,08	11,40	A
SB-04.A	79,60	6,47	1,65	1,11	11,18	A
SB-01-03.B	78,75	6,51	1,79	1,32	11,64	B
SB-01-03.C	80,85	6,05	1,82	0,73	10,56	C
SB-01-02-03.D	79,90	6,10	1,74	1,28	10,97	D
SB-01-02-03.E	69,33	6,80	1,72	4,86	17,30	E
SB-02-03.F	63,71	6,74	1,59	1,09	26,87	F
SB-02-03.G	69,40	6,20	1,58	1,52	21,30	G
SP-01	79,90	6,44	1,50	0,61	11,55	A
SP-02	69,40	6,36	1,67	0,89	21,68	-
SP-07	74,42	4,49	1,76	0,70	18,63	-
SP-08	76,00	5,86	1,56	0,59	15,99	-
SP-10	78,68	5,49	1,71	0,58	13,55	E
SP-11	76,50	5,49	1,68	1,75	14,58	-
SP-14	76,40	5,64	1,58	1,36	15,03	-
SP-15	71,90	5,75	1,56	0,95	19,85	-
SP-16	80,40	6,04	1,62	1,64	10,30	-
SU-01	76,20	5,44	1,73	0,91	15,72	A
SU-03	79,76	6,37	1,52	1,49	10,86	-

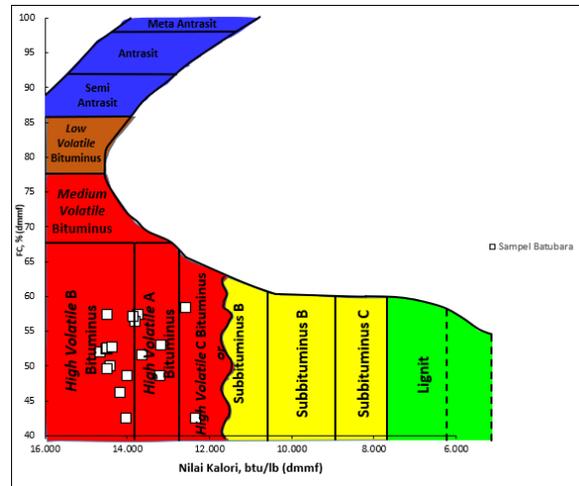
Beberapa kombinasi parameter hasil analisis proksimat dapat pula digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara. Kombinasi parameter kadar karbon tertambat (FC) dan kandungan zat terbang (VM) dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu rasio perbandingan yang dinamakan *Fuel Ratio* (FR). Hubungan antara karbon tertambat dan zat terbang yang dikenal sebagai *fuel ratio* dapat memberikan gambaran peringkat batubara (Frazer, 1987). Berdasarkan data kedua parameter tersebut, nilai FR batubara berkisar 0,53 s.d. 1,32 dengan nilai rata-rata 1,03 yang mengindikasikan bahwa batubara di daerah usulan termasuk peringkat batubara subbituminus s.d. bituminus *medium to high volatile* (Tabel 6).

**Tabel 6.** Klasifikasi peringkat batubara di daerah usulan berdasarkan nilai *fuel ratio* (Frazer, 1987)

S/No	Coal Type	Fuel Ratio
1	Anthracite	12-100
2	Semi Anthracite	9-12
3	Low volatile bituminous	5-8
4	Medium to High volatile bituminous & All Sub-bituminous	0-5

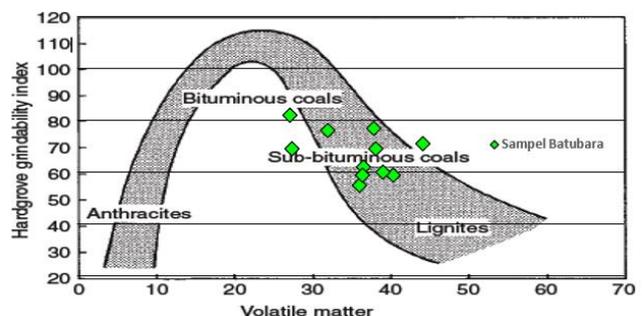
Selain kombinasi parameter karbon tertambat (FC) dan zat terbang (VM) untuk *fuel ratio*, terdapat pula kombinasi antara parameter karbon tertambat (FC) dan zat terbang (VM) untuk mengidentifikasi peringkat batubara. Berdasarkan plot grafik antara kadar karbon tertambat (FC) dan nilai kalori (CV) terindikasi bahwa batubara di daerah usulan termasuk kategori

peringkat batubara bituminus *high volatile* C atau subbituminus B s.d. batubara bituminus *high volatile* B (Gambar 9).



**Gambar 9.** Plot karbon tertambat (FC) terhadap nilai kalori batubara (CV)

Kombinasi parameter zat terbang dan HGI dapat pula digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara. Berdasarkan data kombinasi kedua parameter tersebut, batubara di daerah usulan termasuk kategori peringkat batubara subbituminus s.d. batubara bituminus (Gambar 10).



**Gambar 10.** Plot kandungan zat terbang (VM) terhadap HGI (Berkowitz, 1979 dalam Wibisono dkk., 2019)

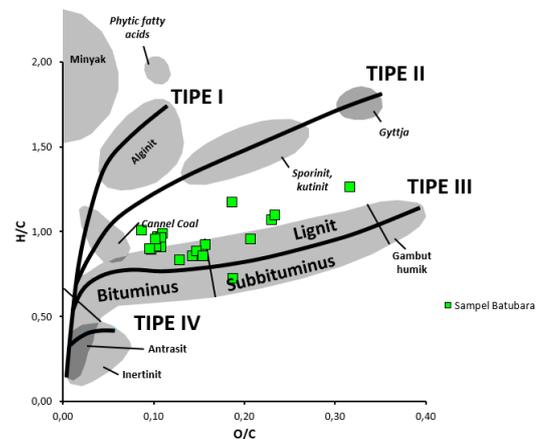
Keberadaan sulfur (S) dalam batubara umumnya dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan tempat batubara tersebut terbentuk. Menurut Chou (2012), kandungan sulfur dalam batubara dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu kandungan sulfur rendah ( $< 1\%$  S), kandungan sulfur sedang ( $1\% \text{ S s.d. } < 3\%$  S), kandungan sulfur tinggi ( $\geq 3\%$  S). Kandungan sulfur total dalam batubara berkisar  $0,33\%$  (adb) s.d.  $2,49\%$  (adb) dan apabila merujuk pendapat dari Chou (2021), maka batubara di daerah usulan mempunyai kandungan sulfur rendah s.d. sedang.

Berat jenis (SG) batubara dapat digunakan dalam menentukan perhitungan sumber daya batubara. Hasil analisis berat jenis batubara di daerah usulan berkisar  $1,29 \text{ g/cm}^3$  s.d.  $2,03 \text{ g/cm}^3$ .

Analisis ultimat merupakan salah satu analisis dalam batubara yang bertujuan untuk mengidentifikasi unsur-unsur kimia yang terdapat dalam batubara meliputi; karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen (Belkin dkk., 2010; Baihaqi dkk., 2017; Rautenbach dkk., 2018). Penentuan peringkat batubara dilakukan dengan rasio perbandingan antara unsur hidrogen dengan karbon (H/C) dan oksigen dengan karbon (O/C) yang kemudian di plot dalam diagram van Krevelen yang telah dimodifikasi oleh Cornelius (1978). Berdasarkan hasil perhitungan rasio H/C dan O/C yang kemudian dilakukan *plotting* dalam diagram van Krevelen yang telah

dimodifikasi mengindikasikan bahwa batubara di daerah usulan umumnya termasuk kategori peringkat batubara subbituminus s.d. batubara bituminus dan kerogen Tipe III (Gambar 11). Kerogen Tipe III umumnya didominasi oleh kelompok maseral huminit/vitrinit yang cenderung menghasilkan produk hidrokarbon berupa gas (Mastalerz dkk., 2004). Berdasarkan hal tersebut, maka kerogen Tipe III relatif mempunyai kecenderungan menghasilkan gas daripada minyak.

Seam	Kode Sampel	H/C	O/C
A	SB-01.A	1,00	0,09
A	SB-03.A	0,90	0,11
A	SB-04.A	0,97	0,11
B	SB-01-03.B	0,99	0,11
C	SB-01-03.C	0,89	0,10
D	SB-01-02-03.D	0,91	0,10
E	SB-01-02-03.E	1,17	0,19
F	SB-02-03.F	1,26	0,32
G	SB-02-03.G	1,06	0,23
A	SP-01	0,96	0,11
-	SP-02	1,09	0,23
-	SP-07	0,72	0,19
-	SP-08	0,92	0,16
E	SP-10	0,83	0,13
-	SP-11	0,86	0,14
-	SP-14	0,88	0,15
-	SP-15	0,95	0,21
-	SP-16	0,90	0,10
A	SU-01	0,85	0,15
-	SU-03	0,95	0,10



Gambar 11. Plot rasio H/C dan O/C

Selain rasio perbandingan antara unsur hidrogen dengan karbon (H/C) dan oksigen dengan karbon (O/C) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara, unsur oksigen (O) dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi peringkat batubara. Thomas (2013) menyatakan bahwa unsur oksigen (O) yang relatif tinggi menyebabkan nilai kalori (CV) batubara menjadi relatif rendah demikian pula sebaliknya. Hal ini terlihat pada seluruh sampel batubara di daerah usulan yang memiliki persentase unsur oksigen (O) berkisar 9,34% (daf) s.d. 26,87% (daf). Unsur oksigen dengan persentase tertinggi yaitu 26,87% (daf) hanya memiliki nilai kalori (CV) 5.597 kal/g (daf), sedangkan unsur oksigen dengan persentase terendah yaitu 9,34% (daf) memiliki nilai kalori (CV) 7.883 kal/g (daf).

Nilai kalori batubara di blok usulan sebagian besar memiliki kisaran nilai 1.668 kal/g (adb) s.d 7.289 kal/g (adb) atau 1.520 kal/g (ar) s.d. 6.401 kal/g (ar) (Tabel 7). Terdapat 2 (dua) sampel batubara yaitu SB-02-03.F dan SB-02-03.G yang hanya memiliki nilai kalori 1.668 kal/g (adb) atau 1.520 kal/g (ar) dan 2.934 kal/g (adb) atau 2.681 kal/g (ar). Kedua nilai kalori yang relatif rendah pada kedua sampel tersebut di bandingkan sampel-sampel lainnya disebabkan adanya kandungan pengotor abu (*Ash*) yang relatif tinggi sehingga sampel SB-02-03.F dan SB-02-03.G yang

mewakili *Seam F* dan *Seam G* diperkirakan termasuk jenis *shaly coal*.

**Tabel 7.** Nilai kalori batubara dalam beberapa basis dan satuan

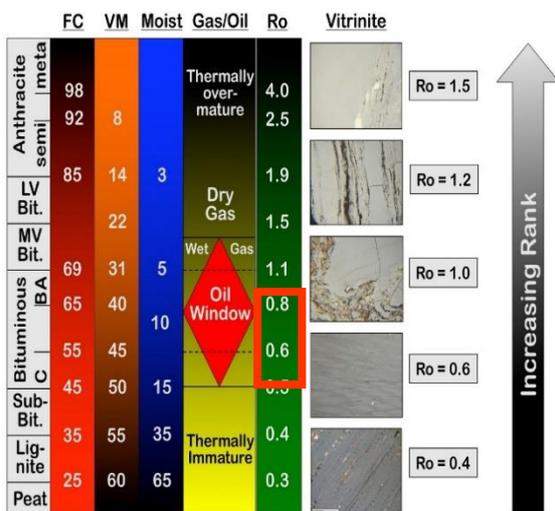
Seam	Kode Sampel	CV, kal/g (adb)	CV, kal/g (daf)	CV, kal/g (ar)	CV, btu/lb (daf)
A	SB-01.A	5.423	7.883	4.935	14.180
A	SB-03.A	6.507	7.861	5.809	14.140
A	SB-04.A	5.737	7.889	5.195	14.189
B	SB-01-03.B	5.674	7.796	5.066	14.023
C	SB-01-03.C	6.516	7.916	5.577	14.239
D	SB-01-02-03.D	5.970	7.828	5.237	14.081
E	SB-01-02-03.E	3.644	7.107	3.350	12.784
F	SB-02-03.F	1.668	5.597	1.520	10.068
G	SB-02-03.G	2.934	6.926	2.681	12.458
A	SP-01	5.670	7.781	4.965	13.996
-	SP-02	3.348	6.755	2.868	12.151
-	SP-07	6.296	6.951	4.915	12.503
-	SP-08	5.713	7.418	4.977	13.343
E	SP-10	6.885	7.578	5.755	13.631
-	SP-11	5.898	7.584	5.018	13.642
-	SP-14	5.205	7.397	4.455	13.306
-	SP-15	3.681	6.829	3.188	12.284
-	SP-16	7.289	7.891	6.401	14.194
A	SU-01	5.246	7.443	4.541	13.388
-	SU-03	6.403	7.865	5.741	14.148

Analisis petrografi merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan (peringkat) dari nilai reflektansi vitrinit ( $R_v$ ) dan komposisi maseral dalam batubara (Cook, 1982; Teichmuller, 1989; Diessel, 1992; Taylor dkk., 1998; Scott, 2002; Amijaya dan Littke, 2005; Baihaqi dkk., 2017). Sebanyak 20 (dua puluh) sampel batubara yang berasal dari daerah usulan dianalisis petrografi di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMPB). Pengukuran nilai reflektansi vitrinit ( $R_v/R_o$ ) di daerah usulan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Tabulasi pengukuran nilai reflektansi vitrinit batubara

Kode Sampel	Reflektansi Vitrinit (Rv/Ro), %	Seam
SB-01.A	0,55	A
SB-03.A	0,55	A
SB-04.A	0,57	A
SB-01-03.B	0,55	B
SB-01-03.C	0,56	C
SB-01-02-03.D	0,55	D
SB-01-02-03.E	0,55	E
SB-02-03.F	0,54	F
SB-02-03.G	0,61	G
SP-01	0,55	A
SP-02	0,53	-
SP-07	0,82	-
SP-08	0,70	-
SP-10	0,54	E
SP-11	0,51	-
SP-14	0,55	-
SP-15	0,51	-
SP-16	0,50	-
SU-01	0,55	A
SU-03	0,57	-

Nilai reflektansi vitrinit sampel batubara di daerah usulan berkisar 0,50% s.d. 0,82% yang termasuk batubara bituminus *high volatile* B (Gambar 12).



**Gambar 12.** Klasifikasi peringkat batubara berdasarkan nilai Rv/Ro (<https://www.uky.edu/KGS/coal/coal-analyses-vitrinite.php>)

Nilai kalori (*heating value*) seluruh sampel batubara di daerah usulan berkisar 10.068 btu/lb (daf) s.d. 14.239 btu/lb (daf) yang termasuk kategori peringkat batubara subbituminus A s.d. batubara bituminus *high volatile* A (Gambar 13). Terdapat 1 (satu) sampel yaitu SB-02-03.F (*seam* F) dengan nilai kalori 10.068 btu/lb (daf) yang termasuk kategori peringkat batubara subbituminus A.

Kandungan zat terbang (VM) seluruh sampel batubara berkisar 41,90% (daf) s.d. 65,40% (daf), umumnya termasuk kategori peringkat batubara subbituminus A s.d. batubara bituminus *high volatile* B (Gambar 13). Hanya terdapat 6 (enam) sampel dari 31 (tiga puluh satu) sampel yang memiliki kandungan zat terbang (VM) > 54% (daf) yang termasuk kategori peringkat batubara lignit yaitu SB-01-02-03.E, SB-02-03.F, SB-02-03.G, SP-02, SP-11, dan SU-02. Berdasarkan kombinasi nilai kandungan zat terbang (VM), nilai kalori dan reflektansi vitrinit (Rv/Ro) batubara di daerah usulan umumnya termasuk batubara subbituminus B s.d. batubara bituminus A (Gambar 13).

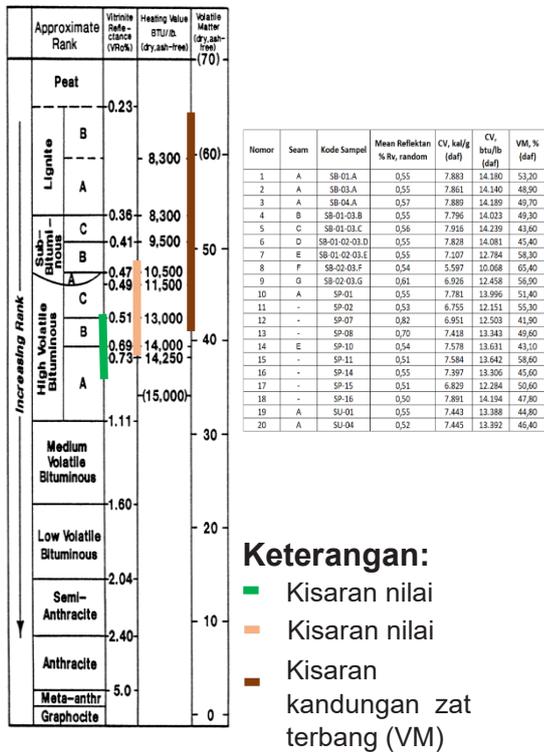
Selain menggunakan kombinasi nilai kandungan zat terbang (VM), nilai kalori (*heating value*) dan nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro), kombinasi nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro) dan kandungan air (M) dari analisis proksimat dapat digunakan untuk menentukan peringkat batubara. Berdasarkan kombinasi hasil analisis kandungan air atau lengas (M) dengan nilai

reflektansi vitrinit (Rv/Ro), batubara di daerah usulan termasuk batubara subbituminus s.d. batubara bituminus *high volatile* B (Tabel 9 dan Gambar 14).

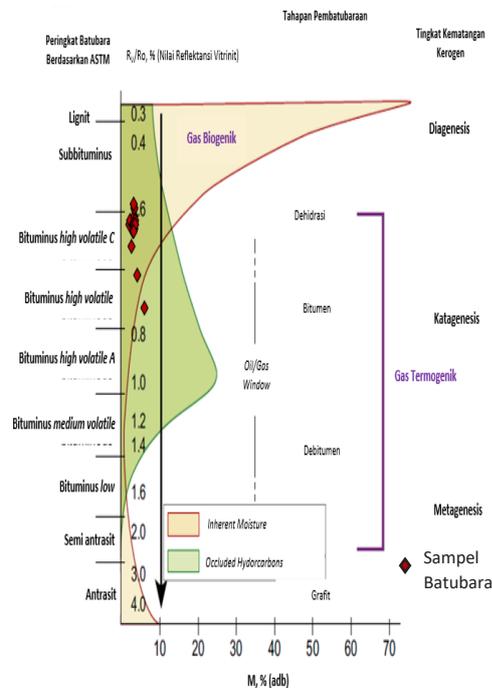
Hasil analisis komposisi kelompok maseral menunjukkan bahwa seluruh sampel batubara pada daerah usulan didominasi oleh vitrinit berkisar 37,40% s.d. 92,40% serta sebagian kecil inertinit berkisar 1,20% s.d. 8,40% dan kelompok liptinit berkisar 1,60% s.d. 12,60%. Material mineral umumnya didominasi oleh mineral lempung berkisar 0,20% s.d. 47,80% serta sebagian kecil pirit berkisar 0,20% s.d. 15,20% dan oksida besi 0,20% s.d. 0,60% (Gambar 15 dan Tabel 10).

Tabel 9. Nilai reflektansi vitrinit (Rv/Ro) dan lengas (M) batubara

Nomor	Seam	Kode Sampel	Lengas (M), % (adb)	Mean Reflektan % Rv, random
1	A	SB-01.A	2,93	0,55
2	A	SB-03.A	3,38	0,55
3	A	SB-04.A	3,20	0,57
4	B	SB-01-03.B	2,81	0,55
5	C	SB-01-03.C	3,65	0,56
6	D	SB-01-02-03.D	3,37	0,55
7	E	SB-01-02-03.E	2,37	0,55
8	F	SB-02-03.F	2,48	0,54
9	G	SB-02-03.G	2,91	0,61
10	A	SP-01	3,31	0,55
11	-	SP-02	3,55	0,53
12	-	SP-07	6,25	0,82
13	-	SP-08	4,44	0,70
14	E	SP-10	3,88	0,54
15	-	SP-11	3,62	0,51
16	-	SP-14	3,50	0,55
17	-	SP-15	3,69	0,51
18	-	SP-16	3,50	0,50
19	A	SU-01	3,78	0,55
20	A	SU-04	4,92	0,52



Gambar 13. Peringkat batubara berdasarkan nilai reflektansi vitrinit, nilai kalori, dan kandungan zat terbang (modifikasi dari ASTM D388-15)



Gambar 14. Plot antara kandungan air atau lengas (*moisture*) dengan nilai reflektansi vitrinit (modifikasi dari Flores, 2014)

Tabel 10. Komposisi kelompok maseral batubara

Nomor	Seam	Kode Sampel	Mean Reflektan % Rv, random	Kisaran (%)	Standar Deviasi	Komposisi Maseral (%)			Material Mineral (%)			Keterangan
						Vitrinit	Inertinit	Liptinit	Mineral Lempung	Oksida Besi	Pirit	
1	A	SB-01.A	0,55	0,50-0,61	0,03	71,20	7,60	7,00	12,60	-	1,60	-
2	A	SB-03.A	0,55	0,50-0,61	0,03	82,00	5,00	4,80	3,80	-	4,40	Pirit Framboidal
3	A	SB-04.A	0,57	0,52-0,64	0,04	72,40	4,60	9,20	12,00	-	1,60	Pirit Framboidal
4	B	SB-01-03.B	0,55	0,49-0,62	0,04	67,60	5,00	8,20	17,40	-	1,80	Pirit Framboidal
5	C	SB-01-03.C	0,56	0,47-0,61	0,04	79,80	3,80	6,60	9,20	-	0,60	-
6	D	SB-01-02-03.D	0,55	0,47-0,61	0,03	69,00	4,20	5,40	19,80	-	1,60	-
7	E	SB-01-02-03.E	0,55	0,48-0,62	0,03	51,80	1,60	8,60	22,80	-	15,20	Pirit Framboidal
8	F	SB-02-03.F	0,54	0,50-0,60	0,03	37,40	1,20	10,80	47,80	-	2,80	Pirit Framboidal
9	G	SB-02-03.G	0,61	0,55-0,66	0,03	56,80	2,80	12,60	24,00	-	3,80	Pirit Framboidal
10	A	SP-01	0,55	0,48-0,62	0,04	68,60	5,60	11,40	14,20	-	0,20	Pirit Framboidal
11	-	SP-02	0,53	0,49-0,61	0,03	54,40	3,80	5,80	35,40	0,20	0,40	-
12	-	SP-07	0,82	0,75-0,90	0,05	92,40	3,00	4,20	0,20	-	0,20	-
13	-	SP-08	0,70	0,62-0,78	0,04	71,80	7,40	7,20	13,40	-	0,20	-
14	E	SP-10	0,54	0,50-0,60	0,03	80,60	6,00	1,60	11,40	-	0,40	-
15	-	SP-11	0,51	0,46-0,59	0,04	69,60	8,20	11,80	9,20	-	1,20	Pirit Framboidal
16	-	SP-14	0,55	0,50-0,61	0,03	67,40	3,60	6,60	21,20	-	1,20	Pirit Framboidal
17	-	SP-15	0,51	0,46-0,55	0,03	48,20	8,40	5,00	37,60	0,60	0,20	-
18	-	SP-16	0,50	0,44-0,54	0,03	80,80	6,00	6,80	1,80	-	4,60	-
19	A	SU-01	0,55	0,50-0,61	0,03	86,20	5,60	1,80	5,60	-	0,80	-
20	-	SU-03	0,57	0,51-0,62	0,03	76,80	6,20	11,40	5,00	-	0,60	-



Gambar 15. Komposisi kelompok maseral Batubara

### Sumber Daya Gas Metana Batubara (GMB)

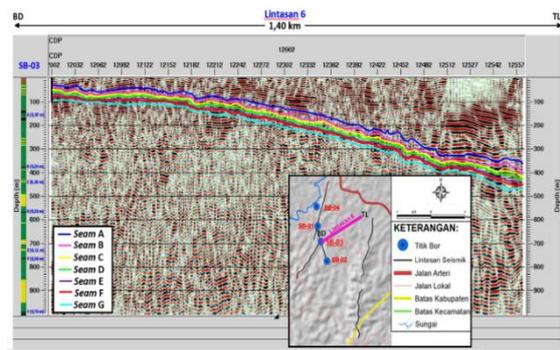
Perhitungan sumber daya GMB di daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria yang digunakan dalam kegiatan penyelidikan GMB di PSDMBP

yaitu; memiliki formasi pembawa batubara yang berpotensi untuk wilayah GMB, jurus dan kemiringan batubara serta struktur geologi, kedalaman *seam* batubara > 100 meter, ketebalan minimal lapisan batubara 1 meter dan peringkat batubara minimal subbituminus. Hasil interpretasi data

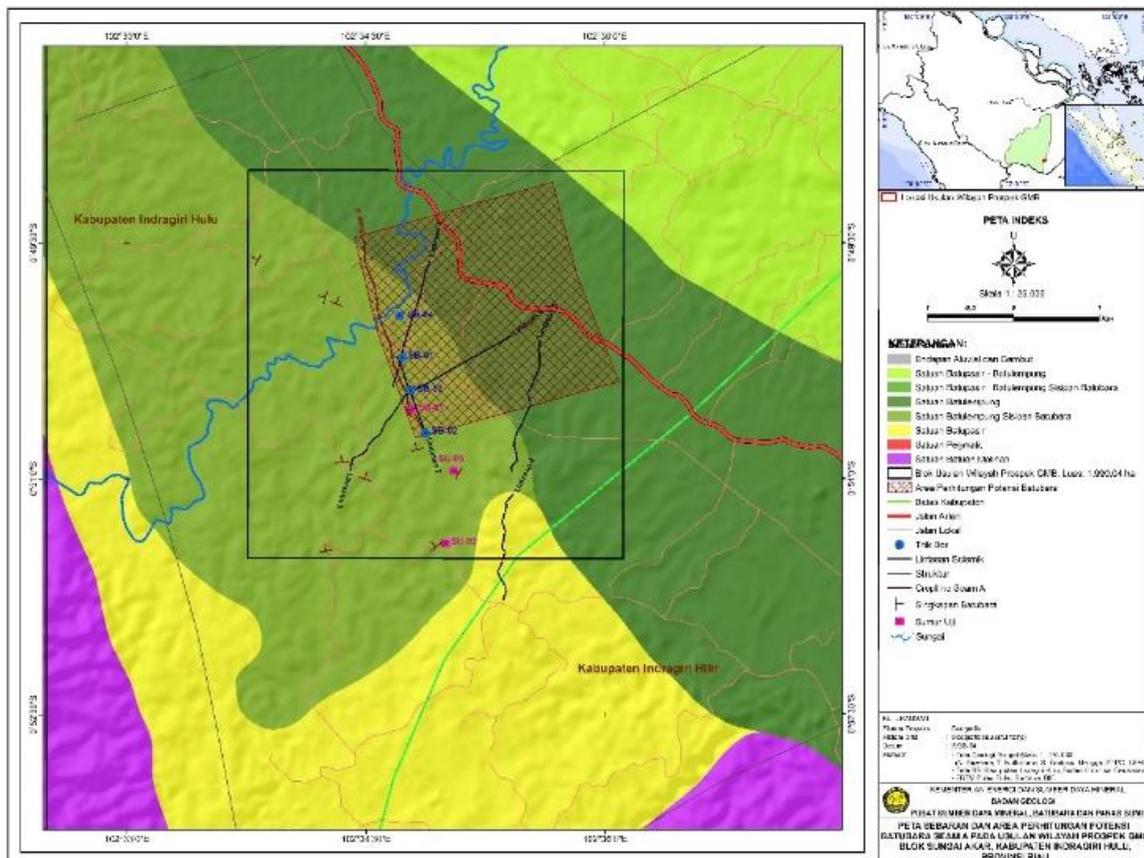
seismik dari hasil kegiatan lapangan PSDMBP maupun literatur mengindikasikan bahwa pola penyebaran *seam* batubara searah kemiringan (*dip*) atau bawah permukaan (kedalaman > 100 m) pada Formasi Lakat relatif baik. Berdasarkan kriteria-kriteria tersebut, maka perhitungan sumber daya GMB di daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar hanya dilakukan pada *seam* A.

Interpretasi konfigurasi atau pola penyebaran kedalaman dan penampang *seam* batubara bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar 16. Selain itu, berdasarkan hasil korelasi, *seam* A mempunyai ketebalan berkisar 1,42 m s.d. 2,07 m dengan ketebalan rata-rata 1,75 m

serta memiliki pola penyebaran secara lateral ke bawah permukaan dari arah barat daya ke timur laut yang berkisar pada kedalaman > 300 m. Peta penyebaran *seam* A di daerah usulan wilayah prospek GMB Blok Sungai Akar dapat dilihat pada Gambar 17.

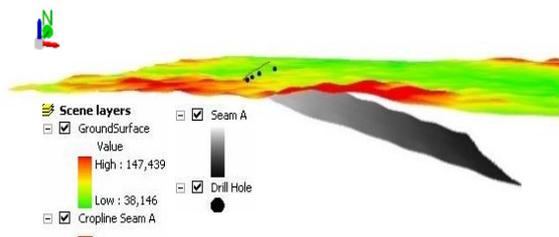


Gambar 16. Interpretasi kedalaman *seam* batubara berdasarkan data seismik



Gambar 17. Peta penyebaran *seam* A di daerah usulan wilayah prospek

Perhitungan sumber daya GMB menggunakan model sederhana berdasarkan data singkapan, sumur uji, pengeboran, seismik dan hasil analisis laboratorium yang dilakukan pada *seam A*. Selain itu, pembuatan model sederhana ini dilakukan untuk mengidentifikasi konfigurasi *seam* batubara bawah permukaan yang berpotensi GMB pada *seam A* di daerah usulan (Gambar 18).



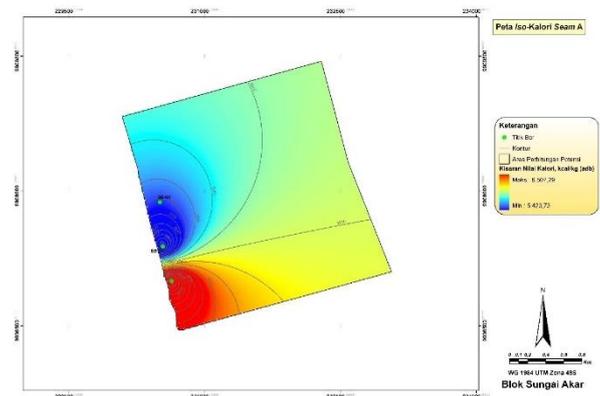
**Gambar 18.** Model tiga dimensi (3D) bawah permukaan *seam A* di daerah usulan wilayah prospek

Model batubara untuk *seam A* dalam bentuk 3D dibuat untuk kemudahan dalam melakukan interpretasi konfigurasi *seam* batubara bawah permukaan sebagaimana terlihat pada Gambar 18.

Pemodelan batubara terhadap *seam A* juga dilakukan dengan memasukkan beberapa parameter karakteristik batubara diantaranya; abu, nilai kalori, dan lain-lain (Gambar 19 dan Gambar 20).

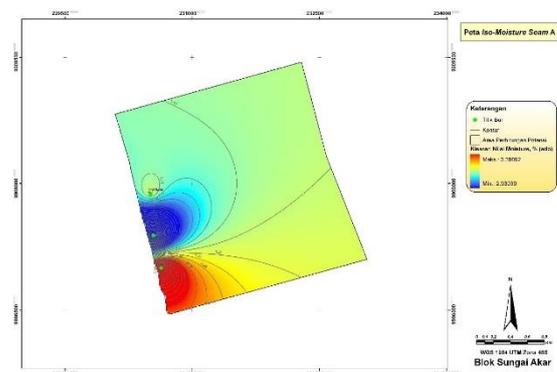
Hasil perhitungan potensi batubara di daerah usulan wilayah prospek GMB Sungai Akar berkisar 5.511.344,53 ton atau

5,51 juta ton s.d. 11.022.689,03 ton atau 11,02 juta ton dengan jumlah GIIP berkisar 425.470.237,57 scf atau 0,43 Bcf s.d. 850.940.473,65 scf atau 0,85 Bcf serta kandungan gas CH<sub>4</sub> (metana) pada *seam A* dalam basis *ash analysed* berkisar 46 scf/ton s.d. 115 scf/ton sebagaimana terlihat pada Tabel 11 dan Gambar 21.



**Gambar 19.** Peta *iso*-kalori *seam A*

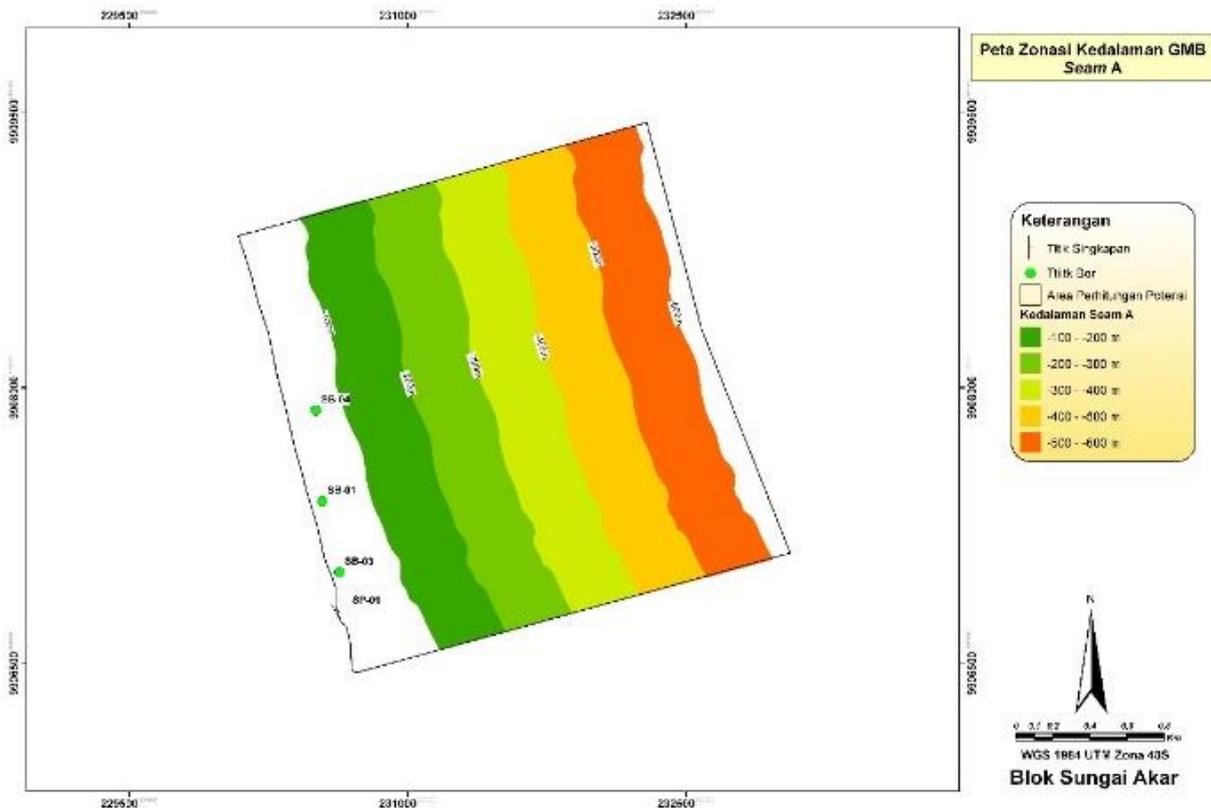
Perhitungan *Gas in Place* (GIP) dilakukan dengan menghitung volumetrik lapisan (*seam*) batubara dan kandungan gas (*gas content*) yang didapatkan dari analisis *adsorption isotherm*.



**Gambar 20.** Peta *iso*-moisture *seam A*

Tabel 11. Perhitungan Gas in Place pada seam A di wilayah usulan

Nama Blok	Nama Seam	Kedalaman Seam (m)	Volume (m <sup>3</sup> )		BJ Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )	Potensi Batubara (ton)		Kand. Gas CH <sub>4</sub> (scf/ton)	GIIP (scf)	
			Min.	Maks.		Min.	Maks.		Min.	Maks.
Sungai Akar	A	100-200	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	46	50.707.414,20	101.414.828,39
		200-300	765.510,48	1.531.020,94	1,44	1.102.335,09	2.204.670,16	59	65.037.770,38	130.075.539,27
		300-400	765.510,50	1.531.021,00	1,44	1.102.335,12	2.204.670,23	72	79.368.128,38	158.736.256,76
		400-500	765.280,65	1.530.561,31	1,44	1.102.004,14	2.204.008,28	94	103.588.389,12	207.176.778,24
		500-600	765.510,48	1.531.020,96	1,44	1.102.335,09	2.204.670,18	115	126.768.535,49	253.537.070,98
		<b>Total Seam A</b>				<b>5.511.344,53</b>	<b>11.022.689,03</b>		<b>425.470.237,57</b>	<b>850.940.473,65</b>



Gambar 21. Peta zonasi kedalaman pada usulan wilayah prospek GMB

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian di atas, maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Formasi pembawa batubara yang terdapat di daerah prospeksi merupakan Formasi Lakat berumur Oligosen s.d. Miosen Awal dan Formasi

Muaraenim berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen.

2. Target formasi pembawa batubara di daerah prospeksi terfokus pada Satuan Batulempung Sisipan Batubara dari Formasi Lakat dengan kenampakan megaskopis umumnya berwarna hitam, kilap hitam kusam, lunak-agak keras, pecahan *blocky*, menyudut, terdapat pita *banded bright* tebal 5-7 cm,

- terdapat pirit, *cleat cubical*. Kontak *floor* tegas dengan batulempung, sedangkan *roof* undulasi dengan batupasir.
3. Berdasarkan korelasi dan interpretasi data singkapan, sumur uji, pengeboran dan seismik, terdapat 7 (tujuh) *seam* yang diberi notifikasi *seam A*, *seam B*, *seam C*, *seam D*, *seam E*, *seam F*, dan *seam G* dengan ketebalan berkisar 0,10 meter s.d. 2,07 meter. Berdasarkan nilai kalori dan kandungan abu, *seam A* s.d. *seam E* teridentifikasi sebagai *seam* batubara, sedangkan *seam F* dan *seam G* terindikasi sebagai *seam shaly coal*.
  4. Berdasarkan hasil analisis kimia dan fisika serta petrografi batubara, batubara di daerah prospeksi termasuk dalam peringkat subbituminus s.d. bituminus.
  5. Perhitungan potensi batubara bawah permukaan dan GIIP gas CH<sub>4</sub> pada *seam A* di Blok Sungai Akar berkisar 5.511.344,53 ton atau 5,51 juta ton s.d. 11.022.689,03 ton atau 11,02 juta ton dengan jumlah GIIP berkisar 425.470.237,57 scf atau 0,43 Bcf s.d. 850.940.473,65 scf atau 0,85 Bcf serta kandungan gas CH<sub>4</sub> (metana) pada *seam A* dalam basis *ash analysed* berkisar 46 scf/ton s.d. 115 scf/ton.

### Saran

Untuk memudahkan kegiatan evaluasi, Tim menyarankan perlunya pembuatan parameter evaluasi yang menetapkan kriteria minimum suatu wilayah yang direkomendasikan menjadi wilayah prospek GMB berikut kelengkapan data yang dibutuhkan. Parameter evaluasi disepakati bersama oleh Pemerintah Daerah (Pemda), Ditjen Migas, dan Badan Geologi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amijaya, H. dan Littke, R. (2005). Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, 61, 197- 221.
- ASTM D388-15 (2017): *Standard classification of coals by rank*, Annual Book of ASTM Standards.05.06, ASTM International, 460-466.
- Baihaqi, A., Susilawati, R., Fauzielly, L., dan Muljana, B., I. (2017). Studi perbandingan karakteristik kimia dan petrografi batubara lapangan x, Cekungan Sumatera Selatan dan lapangan y Cekungan Sumatera Tengah, Indonesia, *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12, 87-102, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.

- Barber, A. J., Crow, M., J., dan Milsom, J., S. (2005). *Sumatra, Geology, Resources, and Tectonic Evolution*, Geological Society, London.
- Belkin, H., E., Tewalt, S., J., Hower, J., C., Stucker, D., J., O'Keefe, J., M., K., Tatu, C., Buia, A., G. (2010). Petrography and geochemistry of Oligocene bituminous coal from the Jiu Valley, Petroşani basin (southern Carpathian Mountains), Romania, *International Journal of Coal Geology*, Elsevier Science Publishers B.V., **82**, 68-80.
- Berkowitz, N. (1979): *An introduction to coal technology*, Academic Press, New York, 345.
- Chou, C., L. (2012): *Sulfur in coal: a review of gechemistry and origins*, Illinois State Geological Survey (emeritus), Champaign, IL 61820, USA.
- Cook, A. C. (1982). *The origin and petrology of organic matter in coal, oil shales and petroleum source rocks*, University of Wollongong, Wollongong, New South Wales.
- Cornelius, C., D. (1978): *Muttergesteinfazies als parameter der erdolbildung*, *Erdo I-Erdgas Zeitschrift*, **3**, 90-94.
- Diessel, C. F. K. (1992). *Coal-bearing depositional systems*, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Flores, R. (2014): *Coal and coalbed gas fueling the future*, Elsevier Inc, Waltham, MA, USA.
- Frazer, P. (1987): *The classification of coals*. *Trans. Amer. Inst. Min. Eng.*, **6**: 430-451.
- Mastalerz M., Hower, J., C., Drobnik, A., Mardon, S., M., dan Lis, G. (2004). From in situ to fly ash: a study of coal mines and powerplants from Indiana. *International Journal of Coal Geology*, **59**, 171-192.
- Moore, T. (2012): Coalbed methane: A review, *International Journal of Coal Geology*, **101**, 36-81.
- Rautenbach, R., Strydom, C. A., Bunt, J. R., Matjie, R. H., Campbell, Q. P., dan Van Alphen, C (2018). Mineralogical, chemical, and petrographic properties of selected South African power stations' feed coals and their corresponding density separated fractions using float-sink and reflux classification methods, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 1923-2702.
- Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2009 tentang perubahan kedua atas Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2009 tentang Penegasan Status dan Fungsi Kawasan Hutan.
- Peraturan Menteri ESDM no. 35 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penetapan dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi.
- Peraturan Menteri ESDM no. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Scott, A. (2002): Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead?, *International Journal of Coal Geology*, Elsevier Science Publishers B.V., **50**, 119-134.
- Taylor, G. H., Teichmuller, M., Davis A., Diessel, C. F. K., Littke R., dan Robert P. (1998). *Organic petrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Teichmuller, M. (1989). The genesis of coal form the viewpoint of coal petrology, *International Journal of Coal Geology*, Elsevier Science Publishers B.V., **12**, 1-87.
- Undang - Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi.
- Wibisono, S. A., Dwitama, E. P., dan Prahesthi, I. O. (2019). Petrografi dan geokimia batubara di daerah Pahirangan dan sekitarnya, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah, *Buletin Sumber Daya Geologi*, **14**, 65-78, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- Vitrinite Reflectance (Ro), data diperoleh melalui situs internet: <https://www.uky.edu/KGS/coal/coal-analyses-vitrinite.php>. Diunduh pada tanggal 21 November 2023.



## EVALUASI DAN KARAKTERISASI BATUBARA UNTUK MENDUKUNG AGRO INDUSTRI - UJI EKSTRAKSI ASAM HUMAT

**Penny Oktaviani<sup>1</sup>, Fatimah<sup>1</sup>, M.A. Ibrahim Lubis<sup>1</sup>, Himawan Tri Bayu Murti Petrus<sup>2</sup>,  
Rizki Satria Rahman<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara,  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

### SARI

Dalam bidang agroindustri, ketahanan pangan Indonesia tidak dapat dilepaskan dari pemenuhan kebutuhan penunjang pangan seperti pasokan pupuk yang baik dan terjangkau, peningkatan kualitas lahan pertanian dan pemanfaatan sumberdaya alamnya. Sementara itu, pemenuhan kebutuhan pupuk nasional ditinjau dari sisi total luas lahan dengan total produksi dan impor pupuk di Indonesia saat ini sangat tidak berimbang.

Asam humat merupakan salah satu komponen dalam senyawa humat yang dapat diekstrak dari batubara kalori rendah. Asam humat unsur-unsur yang diperlukan oleh tanaman, seperti karbon, oksigen, nitrogen, hidrogen, dan sulfur sehingga dapat membantu proses perbaikan struktur tanah dan dapat digunakan sebagai pelengkap pembuatan pupuk. Batubara memiliki kandungan material organik dan non organik yang memungkinkan untuk dapat diekstrak asam humatnya dan juga dapat dijadikan sebagai pupuk karena unsur hara di dalamnya sangat lengkap.

Sebanyak 29 (dua puluh sembilan) sampel batubara dari Kabupaten Musi Banyuasin, Kabupaten Muaraenim, dan Kabupaten Kotawaringin Timur diuji karakteristik dan potensi asam humatnya. Ekstraksi dilakukan pada dua kondisi temperatur yaitu 30°C dan 65°C. *Yield* asam humat yang dihasilkan dari batubara kalori rendah pada temperatur 30°C berkisar dari 0,42% – 37,08%, dan pada temperatur 65°C berkisar dari 0,45% hingga 45,51%.

**Kata kunci:** batubara kalori rendah, asam humat, senyawa humat, *yield*, pupuk

### PENDAHULUAN

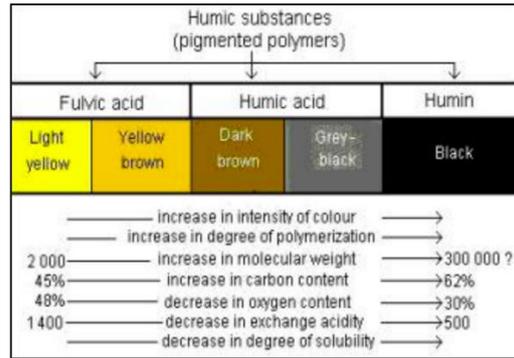
Batubara dapat digunakan untuk mendukung sektor agro industri dengan cara diekstrak asam humatnya untuk dijadikan sebagai pupuk.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa batubara kalori rendah berpotensi mengandung asam humat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dalam industri pertanian (Demirba, 2002; Hai dan Mir, 1998; Nisar dan Mir, 1989; Rezki dkk,

2007; Sharif dkk, 2002). Sebagai negara agraris, kebutuhan pupuk di Indonesia cukup besar, yang sebagian masih diperoleh dari impor (BPS, 2021). Oleh karena itu produksi pupuk asam humat dari batubara kalori rendah Indonesia dapat menjadi alternatif penyediaan pupuk dalam negeri untuk mengurangi impor. Selain itu produksi pupuk dari batubara ini juga akan meningkatkan nilai tambah batubara kalori rendah Indonesia. Oleh karena itu, salah satu fokus kegiatan evaluasi potensi peningkatan nilai tambah batubara Indonesia yang dilakukan oleh PSDMBP adalah kegiatan karakterisasi batubara untuk mendukung agroindustri.

Senyawa humat ini memiliki warna coklat kehitaman (Ariyanto, 2006), berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah karena dapat memacu pertumbuhan mikroorganisme tanah dan dapat mengikat ion Al dan Fe yang bersifat racun bagi tanaman (Efendi, 2014).

Senyawa humat dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu asam humat, asam fulvat dan humin (Stevenson, 1994). Perbedaan ketiga jenis senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Pada dasarnya ketiga senyawa humat memiliki perbedaan yang cukup signifikan dan mudah teramati secara visual. Informasi tersebut sangat diperlukan untuk melakukan pemisahan pada produksi senyawa humat yang spesifik.



Gambar 1. Karakter kimia dari senyawa humat (Stevenson, 1994)

Asam humat merupakan salah satu komponen dalam senyawa humat. Asam humat mengandung unsur-unsur yang diperlukan oleh tanaman, seperti karbon, oksigen, nitrogen, hidrogen, dan sulfur. Dikarenakan kandungannya yang baik untuk tanah, asam humat ini dapat digunakan sebagai pelengkap dalam pembuatan pupuk. Asam humat berfungsi untuk menjaga pupuk tetap kering dengan cara melindungi pupuk dari kontak langsung dengan udara. Di samping itu, asam humat akan melapisi tanah di sekitar akar tanaman sehingga pupuk yang terikat oleh asam humat selalu berada di sekitar perakaran dan pelepasan pupuk akan bersifat *slow-release fertilizing* (Pratomo dkk., 2009).

Makalah ini merupakan hasil kajian tim karakterisasi batubara untuk mendukung program hilirisasi batubara Indonesia. Makalah menyajikan informasi terkait studi batubara dan ekstraksi asam humat dikaitkan dengan potensi pengembangannya di Indonesia.

## METODOLOGI

Kegiatan evaluasi dan karakterisasi batubara untuk mendukung program hilirisasi batubara Indonesia, diantaranya dengan memanfaatkan asam humat dalam batubara untuk mendukung agro industri dilakukan secara bertahap mulai tahun 2021 dan direncanakan diselesaikan di tahun 2025. Kegiatan evaluasi meliputi kegiatan karakterisasi batubara, uji laboratorium untuk melihat kandungan asam humat dari batubara dengan berbagai nilai kalori yang berbeda dan dari lokasi yang berbeda pula, kajian kelayakan pengembangan serta deliniasi wilayah prospek berdasarkan karakteristik batubara Indonesia yang dibutuhkan dalam pengembangan asam humat.

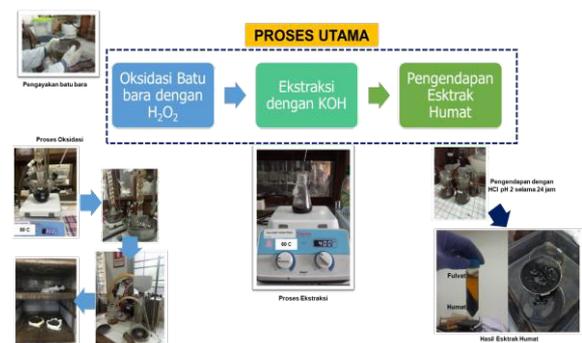
Tahun 2022 dan 2023 kegiatan yang dilakukan tim adalah melakukan uji laboratorium karakteristik sampel batubara terpilih dari berbagai daerah di Indonesia, dan uji ekstraksi asam humat yang dilakukan bekerja sama dengan Universitas Gadjah Mada (UGM).

Total sebanyak 29 (dua puluh sembilan) sampel batubara dari berbagai daerah di Indonesia disiapkan untuk diuji karakteristik dan potensi asam humatnya di Laboratorium Kimia Universitas Gadjah Mada. Rincian sampel batubara yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Proses utama penelitian terdiri atas proses oksidasi batubara dengan  $H_2O_2$  untuk meningkatkan gugus fungsional pembentuk senyawa humat. Proses

selanjutnya adalah ekstraksi batubara dengan KOH sehingga terbentuk komponen senyawa humat yang terdiri atas K-humat dan K-fulvat. Senyawa K-humat dan K-fulvat dipisahkan dengan penambahan senyawa HCl, K-humat akan terbentuk sebagai fase yang mengendap, sedangkan K-fulvat sebagai fase larut. Padatan dan cairan dipisahkan dengan sentrifugasi lalu dilakukan pengeringan sehingga diperoleh padatan K-humat dan K-fulvat.

Ekstraksi asam humat dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, batubara dihaluskan dan diayak, kemudian batubara dioksidasi dengan menggunakan  $H_2O_2$ . Setelah itu diekstraksi menggunakan KOH sampai diperoleh pengendapan ekstrak humat (Gambar 2).



**Gambar 2.** Proses ekstraksi senyawa humat (asam humat dan asam fulvat)

Hasil ekstraksi asam humat kemudian dikorelasikan dengan hasil analisis proksimat, ultimat dan nilai kalori batubaranya untuk mencari hubungan antar parameter dengan memakai analisis

statistik yaitu *Principal Component Analysis* (PCA).

## PEMBAHASAN

Proses ekstraksi senyawa humat dari ke 29 (dua puluh sembilan) sampel batubara dilakukan dengan prosedur di atas. Hasil (*yield*) asam humat, asal fulvat dan total senyawa humat ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

*Yield* asam humat yang dianggap ekonomis adalah pada angka minimal 20%. Terlihat dari Gambar 3 bahwa hasil senyawa humat tertinggi terdapat pada sampel STK 03 yang berasal dari daerah Mentaya Hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah dengan *yield* asam humat 45,51%. *Yield* kedua terbesar diperoleh pada sampel SAK 01 dari daerah Musi Banyuasin, Sumatera Selatan dengan kandungan asam humat 34,07%. Dua sampel lainnya yang memiliki *yield* asam humat diatas 20% adalah sampel PNBA 06 dari Muara Enim dan sampel STK 02 dari Kotawaringin Timur. Sampel lainnya yang memiliki hasil asam humat di atas 20% adalah ASD 01, CK 03, API 01, APU 02, BRN 01, SAK 02, PNBA 05, PNBA 06, STK 02, dan STK 04. Sementara itu, batubara dengan nilai kalori tinggi dan sangat tinggi yaitu PNBA 03, PNBA 04, PNBA 09, PNSC 01, dan PNSC 02. memperoleh hasil senyawa humat rendah hingga dibawah 1%.

Hasil ekstraksi asam humat dikorelasikan dengan hasil analisis

proksimat, ultimat, dan nilai kalori batubaranya untuk mencari hubungan antar parameter dengan memakai analisis statistik yaitu *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil analisis ini disajikan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa kandungan asam humat memiliki korelasi positif dengan *Moisture* (M), Oksigen (O), dan sedikit dengan *Volatile Matter* (VM). Hal ini berarti semakin tinggi nilai M dan O dalam batubara, maka hasil ekstraksi asam humat akan memberikan *yield* yang semakin tinggi. Sebaliknya, kandungan asam humat berkorelasi negatif dengan nitrogen, *carbon*, *fixed carbon*, total sulfur, sulfur dan nilai kalori (CV). Konsekuensinya, semakin tinggi nilai nitrogen, *carbon*, *fixed carbon*, total sulfur, sulfur dan CV dalam batubara maka hasil ekstraksi asam humat akan memberikan *yield* yang semakin rendah.

## KESIMPULAN

Dari hasil uji laboratorium, dapat disimpulkan bahwa *yield* asam humat lebih tinggi kandungannya pada batubara kalori rendah dibandingkan dengan batubara kalori tinggi. Batubara yang berpotensi memproduksi asam humat adalah batubara lignit hingga sub-bituminus. Batubara lignit merupakan batubara yang memiliki potensi paling besar, karena asam humat dari batubara peringkat lebih tinggi lebih sulit untuk diekstraksi.

## REKOMENDASI

Indonesia memiliki potensi batubara kalori rendah yang cukup besar yaitu 99,193 miliar ton sumber daya dan 36,054 miliar ton cadangan (PSDMBP, 2022). Sebagian dari potensi ini dapat dimanfaatkan untuk dikembangkan menjadi asam humat.

Kegiatan evaluasi potensi asam humat disarankan untuk dilakukan pada lebih banyak sampel batubara peringkat rendah yang mewakili berbagai wilayah potensial di Indonesia. Evaluasi potensi sebaiknya juga dilakukan pada sampel gambut. Jumlah sampel, variasi jenis batubara yang dianalisis, serta parameter analisis yang semakin banyak (variasi

pelarut dan metode yang digunakan) diharapkan dapat membantu untuk mengetahui korelasi antara karakteristik batubara dengan jenis produksi *yield* maupun tipe asam humat yang dihasilkan, sehingga parameter deliniasi wilayah prospek dapat dirumuskan di masa yang akan datang.

Kegiatan evaluasi sebaiknya melibatkan badan usaha yang bergerak di bidang agroindustri. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui informasi dari sisi hilir kebutuhan asam humat, sehingga kajian evaluasi yang berkaitan dengan hulu bisa terintegrasi dengan informasi pada sisi hilir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, D. P., 2006, Ikatan antara Asam Organik Tanah dengan Logam, Universitas Sebelas Maret.
- Badan Pusat Statistik., 2021. Data Ekspor Impor HS 2 Digit Oktober 2021. Diunduh dari <https://www.bps.go.id/exim/> tanggal 10 Desember 2021.
- Demirba, A., 2002. *Humic Acid Derivatives (HAD) from Low Rank Turkish Brown Coals*, Energy Sources, 24:2, 127-133.
- Efendi, S., Rezki, D., dan Herviyanti., 2014, Pengaruh Kompos, Bahan Humat dari Batubara tidak Produktif dan Pupuk Buatan terhadap Bibit Kakao (*Theobroma Cacao*) pada Oxisol, Jurnal Riset Perkebunan, Volume 3, No. 1.
- Hai, S.M.; Mir, S. *The Lignitic Coal Derived HA and the Prospective Utilization in Pakistan Agriculture and Industry*, Science and Technology Development. 1998, 17 (3), 32–40.
- Nisar, A., dan Mir, S., 1989, *Lignitic Coal Utilization in the Form of HA as Fertilizer and Soil Conditioner*, Science Technology Development, 8 (1), 23–26.

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), 2022, Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Indonesia Tahun 2022, Badan Geologi, Bandung.

Pratomo, K.R., Suwardi, dan Darmawan, 2009, Pengaruh Pupuk *Slow Release Urea-Zeolit-Asam humat (UZA)* terhadap Produktivitas Tanaman Padi Var. Ciherang, Jurnal Zeolit Indonesia, Volume 8, No 2.

Rezki, D., Achmad, F., dan Gusnidar., 2007. Ekstraksi Bahan Humat Dari Batubara (Subbituminus) Dengan Menggunakan 10 Jenis Pelarut. J. Solum Vol 1v No.2 Juli 2007:73-80.

Sharif, M., Riaz A. Khattak and Sarir, M.S., 2002, *Effect of different levels of lignitic coal-derived humic acid on growth of maize plants*, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33:19-20, 3567-3580

Stevenson, F.J., 1994, *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions*, John Wiley and Sons.

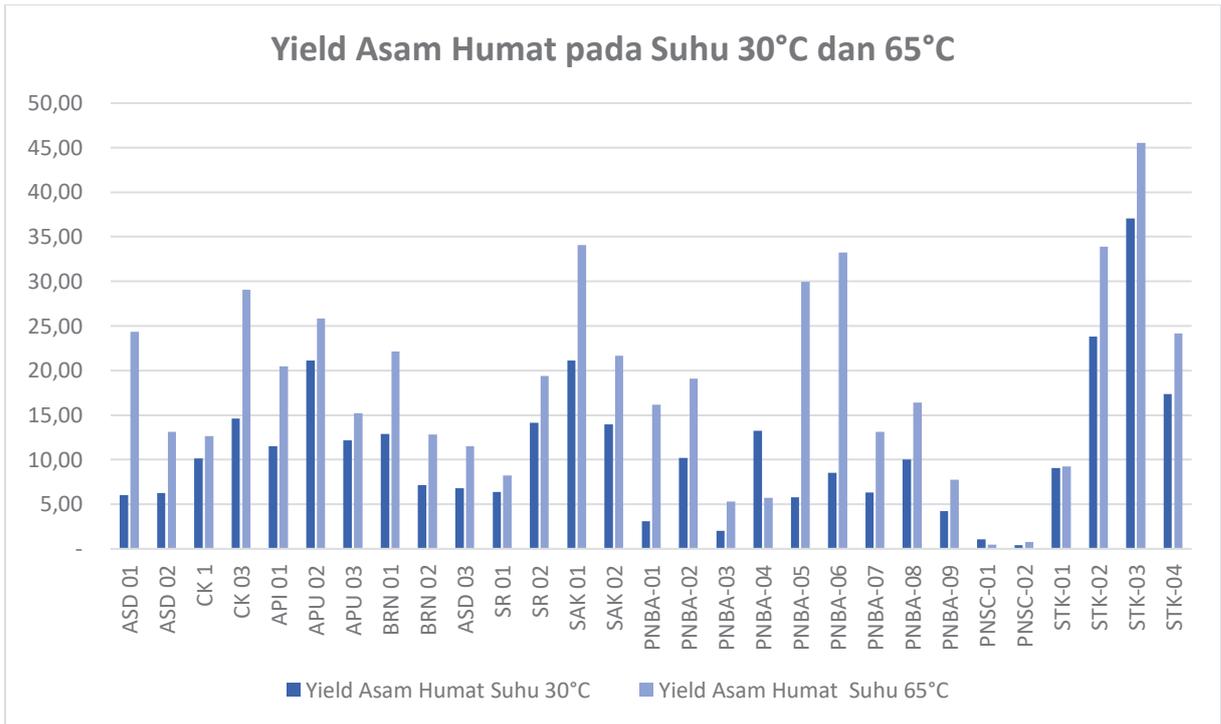
**Tabel 1.** Sampel batubara untuk analisis karakteristik dan potensi produksi asam humat

NO	KODE SAMPEL	FORMASI	LOKASI	KETERANGAN
1	ASD 01	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	Kegiatan Lapangan 2023
2	ASD 02	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
3	CK 01	Muaraenim	Desa Cinta Karya, Kec. Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
4	CK 03	Muaraenim	Desa Cinta Karya, Kec. Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
5	APU 01	Muaraenim	Desa Air Putih Ulu, Kec. Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
6	APU 02	Muaraenim	Desa Air Putih Ulu, Kec. Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
7	APU 03	Muaraenim	Desa Air Putih Ulu, Kec. Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	
8	BRN 01	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	

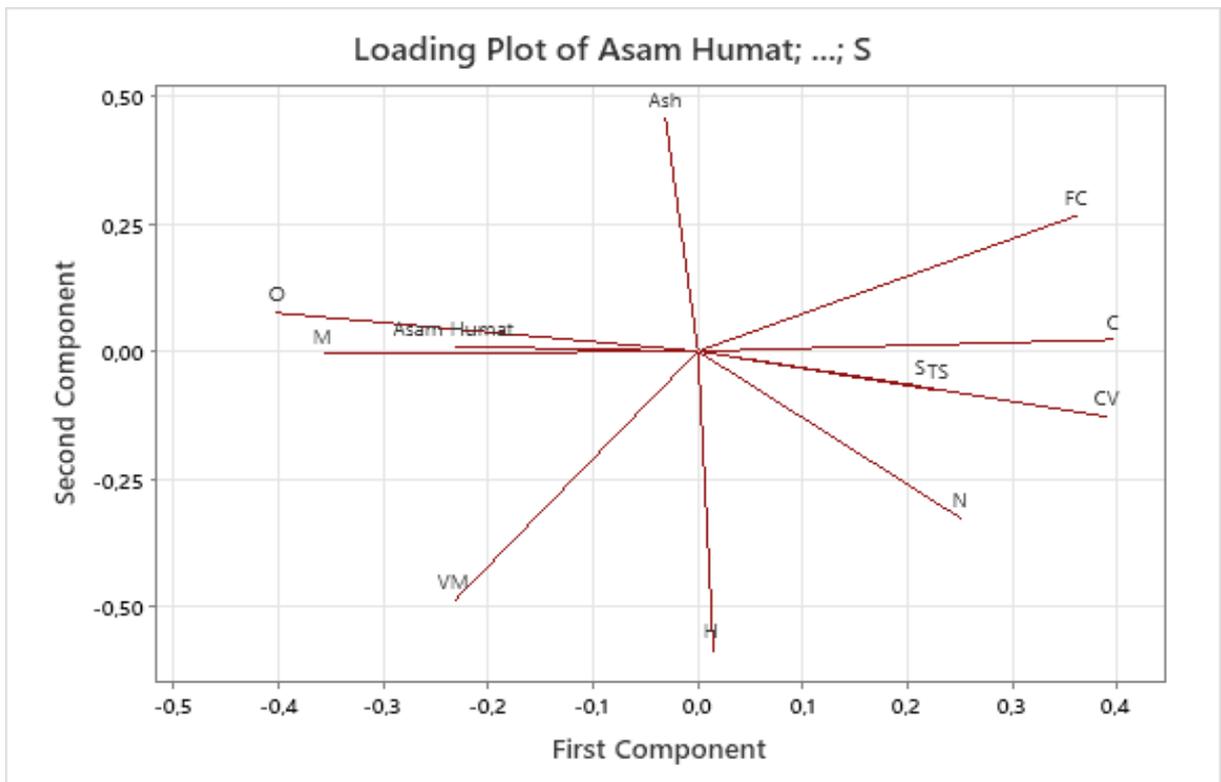
NO	KODE SAMPEL	FORMASI	LOKASI	KETERANGAN	
9	BRN 02	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
10	ASD 03	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
11	SR 01	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
12	SR 02	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
13	SAK 01	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
14	SAK 02	Muaraenim	Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan		
15	PNBA 01	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		Kegiatan Uji Petik 2023
16	PNBA 02	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
17	PNBA 03	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
18	PNBA 04	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
19	PNBA 05	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
20	PNBA 06	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
21	PNBA 07	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
22	PNBA 08	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
23	PNBA 09	Muaraenim	Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan		
24	PNSC 01	Muaraenim	Kecamatan Merapi Barat dan Merapi Selatan, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan		
25	PNSC 02	Muaraenim	Kecamatan Merapi Barat dan Merapi Selatan, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan		
26	STK 01	Dahor	Mentaya hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah		
27	STK 02	Dahor	Mentaya hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah		
28	STK 03	Dahor	Mentaya hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah		
29	STK 04	Dahor	Mentaya hulu, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah		

Tabel 2. Hasil ekstraksi senyawa humat sampel batubara

No	Kode Sampel	Ekstraksi suhu 30°C			Ekstraksi suhu 65°C		
		Yield Asam Humat	Yield Asam Fulvat	Yield Senyawa humat	Yield Asam Humat	Yield Asam Fulvat	Yield Senyawa humat
1	ASD 01	6,00	3,59	9,59	24,36	14,55	38,91
2	ASD 02	6,25	3,73	9,98	13,10	7,82	20,92
3	CK 1	10,13	6,05	16,18	12,65	7,55	20,20
4	CK 03	14,64	8,74	23,38	29,06	17,36	46,42
5	API 01	11,50	6,87	18,36	20,45	12,21	32,67
6	APU 02	21,12	12,61	33,74	25,81	15,41	41,22
7	APU 03	12,14	7,25	19,40	15,22	9,09	24,31
8	BRN 01	12,87	7,68	20,55	22,12	13,21	35,33
9	BRN 02	7,18	4,29	11,47	12,81	7,65	20,46
10	ASD 03	6,81	4,06	10,87	11,52	6,88	18,40
11	SR 01	6,35	3,79	10,14	8,21	4,90	13,12
12	SR 02	14,11	8,43	22,54	19,42	11,60	31,02
13	SAK 01	21,11	12,61	33,72	34,07	20,35	54,42
14	SAK 02	13,98	8,35	22,34	21,65	12,93	34,58
15	PNBA-01	3,08	1,84	4,91	16,14	9,64	25,77
16	PNBA-02	10,17	6,07	16,25	19,10	11,41	30,51
17	PNBA-03	2,00	1,19	3,20	5,29	3,16	8,46
18	PNBA-04	13,22	7,90	21,12	5,70	3,40	9,11
19	PNBA-05	5,78	3,45	9,22	29,94	17,88	47,82
20	PNBA-06	8,53	5,09	13,62	33,24	19,85	53,08
21	PNBA-07	6,34	3,78	10,12	13,15	7,86	21,01
22	PNBA-08	10,04	5,99	16,03	16,42	9,81	26,23
23	PNBA-09	4,21	2,52	6,73	7,73	4,62	12,35
24	PNSC-01	1,07	0,64	1,70	0,45	0,27	0,73
25	PNSC-02	0,42	0,25	0,67	0,78	0,47	1,25
26	STK-01	9,05	5,40	14,45	9,24	5,52	14,75
27	STK-02	23,83	14,23	38,06	33,92	20,26	54,18
28	STK-03	37,08	22,14	59,22	45,51	27,18	72,69
29	STK-04	17,39	10,39	27,78	24,16	14,43	38,58



Gambar 3. Hasil ekstraksi senyawa humat



Gambar 4. Korelasi antara kandungan asam humat dengan berbagai parameter proksimat, ultimat, dan nilai kalori



## STUDI DAN ANALISIS MATERIAL MAJU UNTUK EVALUASI POTENSI PENINGKATAN NILAI TAMBAH BATUBARA

**Penny Oktaviani<sup>1</sup>, Fatimah<sup>1</sup>, Eko Budi Cahyono<sup>1</sup>, Rahmat Hidayat<sup>1</sup>,  
dan Vivi Purwandari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara,  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

<sup>2</sup>Fakultas Sain, Teknologi dan Informasi, Universitas Sari Mutiara - Indonesia

### SARI

Material maju (*advanced material*) adalah bahan yang secara khusus direkayasa untuk menunjukkan sifat baru atau ditingkatkan karakternya sehingga dapat memberikan kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan konvensional. Terdapat berbagai jenis material maju, salah satunya adalah *advanced carbon material* (material maju berbasis karbon) seperti *graphene* (grafena), *fullerenes*, *hierarchical carbon* dan *carbon nano tubes*. Batubara berpotensi untuk menghasilkan material maju berbasis karbon mengingat karbon merupakan komponen terbesar di dalam batubara. Kajian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan ekstraksi material maju dari batubara Indonesia serta mengidentifikasi karakternya.

Ekstraksi material maju dilakukan terhadap 32 sampel batubara dari Kabupaten Musibanyuasin, Muaraenim, Lahat, Kotawaringin Timur dan Paser dengan menggunakan metode ultrasonikasi. Proses ekstraksi menghasilkan grafena (G), *reduced graphene oxide* (rGO), dan *graphene quantum dots* (GQDs). Identifikasi kualitas batubara dengan analisis proksimat, ultimat dan abu batubara menunjukkan sampel yang dianalisis memiliki kualitas yang beragam dengan kalori mulai dari rendah sampai dengan kalori sangat tinggi.

Perolehan G / rGO berkisar dari 80% hingga 97%. Sedangkan perolehan GQDs berkisar dari 201 ppm hingga 635 ppm. Grafena yang dihasilkan dapat dikategorikan ke dalam *few – multi layer graphene*. Perhitungan ekonomi sederhana menunjukkan b.

**Kata kunci:** batubara, material maju, grafena, *reduced graphene oxide*, *graphene quantum dots*

### PENDAHULUAN

Material maju (*advanced material*) adalah bahan yang secara khusus direkayasa untuk menunjukkan sifat baru atau ditingkatkan karakternya sehingga

dapat memberikan kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan konvensional (Kennedy, *et al.*, 2019). Saat ini sudah banyak contoh *advanced material*, termasuk diantaranya adalah *Advanced*

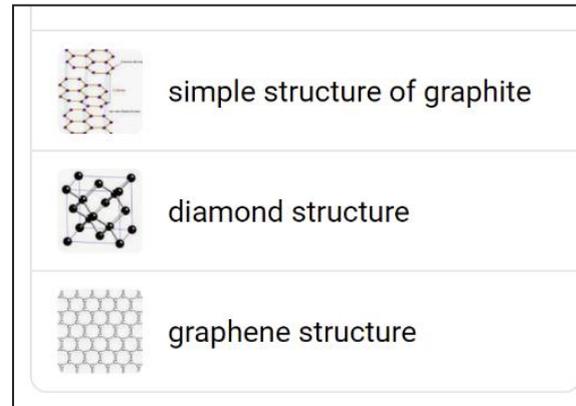
*Carbon Material* (material maju berbasis karbon) yang memiliki komponen karbon di dalamnya. Menurut Ikram, *et al.*, (2021) yang termasuk material maju berbasis karbon antara lain *graphene*, *fullerenes*, *hierarchical carbon* dan *carbon nano tubes*. Riset mengenai material maju ini belum banyak dilakukan di Indonesia sehingga belum banyak yang mengenal atau memahami hal ini.

Batubara merupakan batuan sedimen dengan unsur karbon menjadi komponen terbesarnya. Oleh karena itu batubara sangat berpotensi untuk menghasilkan material maju berbasis karbon.

Pemerintah saat ini tengah mendorong kegiatan hilirisasi batubara dan peningkatan nilai tambah (PNT) batubara, salah satu programnya adalah mengolah batubara menjadi material maju. Untuk mendukung hal tersebut, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) melakukan kegiatan karakterisasi batubara untuk mendukung pengembangan material maju. Terdapat berbagai jenis material maju berbasis karbon, namun kegiatan tahun ini difokuskan pada *graphene* (grafena).

Grafena, grafit dan intan, merupakan material yang memiliki kesamaan berbahan karbon, namun memiliki struktur yang berbeda seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Grafena mempunyai struktur dua dimensi sedangkan grafit mempunyai struktur tiga

dimensi. Sebuah grafit tersusun atas lapisan-lapisan grafena. Grafit setebal 1 mm mengandung sekitar 3 juta lapisan grafena.



**Gambar 1.** Perbedaan antara struktur grafit, intan dan grafena (Wikipedia)

Sebagai material maju, grafena memiliki karakter yang unik yang jarang dijumpai pada materi lainnya. Grafena memiliki sifat konduktivitas panas yang sangat baik (lebih tinggi dari berlian), resistivitas listrik yang rendah (lebih rendah dari tembaga), dan mobilitas elektron sangat tinggi (lebih baik dari silikon). Selain itu, grafena juga sampai saat ini diyakini sebagai material terkuat di dunia yang sangat tipis, transparan dan *impermeable* (Balandin, *et al.*, 2008; Chen, *et al.*, 2008; Lee, *et al.*, 2008; Sheehy and Schmalian, 2009; Berry, 2013; dan Liu, *et al.*, 2017).

Indonesia memiliki potensi batubara cukup besar yaitu 99,193 miliar ton sumber daya dan 36,054 miliar ton cadangan (PSDMBP, 2022), sebagian dari potensi ini dapat dimanfaatkan untuk dikembangkan menjadi material maju berupa grafena. Kegiatan evaluasi ini dilakukan untuk

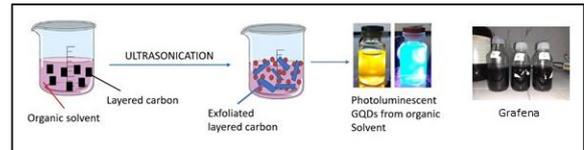
mengetahui potensi material maju yang dapat diekstrak dari batubara Indonesia.

## METODOLOGI

Metode yang diyakini paling efektif dan ramah lingkungan untuk ekstraksi grafena dari batubara adalah metode ultrasonikasi seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Teknologi ultrasonic sering digunakan untuk mensintesis nanomaterial. Perlakuan ultrasonik membentuk puluhan ribu gelembung kecil pada cairan menghasilkan gaya mekanis yang dapat menghancurkan ikatan karbon C-C, sehingga membentuk Grafena dan *Graphene Quantum Dot's* (GQDs) (Gambar 2).

Ekstraksi dilakukan terhadap 32 (tiga puluh dua) sampel batubara yang terdiri dari 14 sampel batubara Kabupaten Musi Banyuasin, 11 sampel dari Kabupaten Muara Enim dan Lahat (Provinsi Sumatera Selatan), 5 sampel dari Kabupaten Kotawaringin Timur (Kalimantan Tengah), dan 2 sampel dari Kabupaten Paser (Kalimantan Selatan). Proses ekstraksi dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Sari Mutiara Indonesia, yang telah memiliki hak paten ekstraksi grafena dari batubara dengan metode ultrasonikasi.

Selain ekstraksi grafena, dilakukan juga analisis proksimat, ultimat dan danalisis abu batubara untuk mengetahui karakter dan kualitas batubara. Ketiga analisis ini dilakukan di Laboratorium PSDMBP.



**Gambar 2.** Prosedur ekstraksi grafena dan GQDs dengan ultrasonikasi

## HASIL KEGIATAN

Proses ekstraksi menghasilkan grafena (G), *reduced graphene oxide* (rGO) dan *graphene quantum dots* (GQDs). Perolehan (*yield*) G, rGO dan GQDs untuk setiap sampelnya disajikan pada Tabel 1. Perolehan G/rGO berkisar dari 80% hingga 97%. Sedangkan perolehan GQDs berkisar dari 201 ppm hingga 635 ppm. G, rGO dan GQDs kemudian dipaparkan terhadap Raman Spektroskopi, X-Ray Diffraction (XRD) dan uji *photoluminescence* untuk mengidentifikasi karakternya.

Hasil analisis proksimat, ultimat, dan abu batubara berturut-turut disajikan pada Tabel 2, 3, dan 4. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel batubara memiliki kualitas yang cukup beragam, mulai dari batubara kualitas rendah hingga kualitas tinggi.

## PEMBAHASAN

Metode ultrasonikasi yang dilakukan secara berulang mampu mengubah morfologi permukaan batubara sehingga grafena yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih besar. Grafena yang memiliki jumlah tumpukan 2-10 lapisan disebut *few layer* grafena. Di atas 10 lapisan disebut *multi-layer* grafena. Analisis Raman Spektroskopi menunjukkan bahwa grafena

yang diekstraksi dari batubara ini merupakan grafena dengan karakter *few layers* dan *multi layers* atau multi lapisan (Tabel 5).

Analisis XRD menunjukkan bahwa ukuran diameter partikel keseluruhan sampel maksimum 28,3 nm pada sampel BRN 02, dan ukuran diameter minimum yaitu 1,80 nm pada sampel PNSC 02. Dapat disimpulkan bahwa batubara peringkat rendah memiliki diameter partikel yang lebih besar dibanding batubara peringkat tinggi.

Uji eksitasi cahaya di bawah sinar UV dan uji *photoluminescence* menunjukkan bahwa GQDs dari batubara memiliki warna yang berbeda-beda tergantung dari kualitas batubaranya. Warna dari GQDs menyatakan tingkatan energi dan ukuran partikel dari masing-masing GQDS seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.

GQDs yang berasal dari sampel PNBA dan PNSC memendarkan warna biru muda dibawah lampu ultraviolet dan dengan laser ultraviolet terlihat serapan warna kuning kecuali pada PNBA-5 meneruskan warna hijau. Dari spektrum warna quantum dots, warna biru menunjukkan panjang gelombang yang diserap GQDs PNBA dan PNBC ada pada 450-495 nm dan energi foton 2,50-2,75 eV, garis kuning hasil sinar laser UV pada sampel menunjukkan ukuran partikel GQDs yaitu sekitar 4 nm. Sedangkan garis warna hijau yang ada pada PNBA-5 menunjukkan ukuran partikel GQDs ini sekitar 3 nm. Sampel MS 01 dan

MS 02 memberikan garis sinar laser warna hijau, partikel GQDs sampel ini berukuran sekitar 3 nm. Rata-rata ukuran partikel sampel sekitar 4 nm berdasarkan garis sinar laser yang memperlihatkan warna kuning, kecuali pada APU-02 yang menunjukkan garis berwarna merah. Ukuran partikel GQDs dari APU-02 ini lebih besar yaitu sekitar 7 nm.



**Gambar 3.** Eksitasi cahaya beberapa sampel yang diuji di bawah lampu ultraviolet dan laser ultraviolet

Ditinjau dari sisi pemanfaatan, seluruh G dan GQDs yang dihasilkan memiliki kegunaan tersendiri. sampel batubara Musi Banyuasin, Kotawaringin Timur, dan Paser pada umumnya menghasilkan GQDs dengan eksitasi cahaya berwarna kuning yang sangat sesuai untuk digunakan sebagai material biomedis, opto-elektronik dan berbagai aplikasi yang berhubungan dengan lingkungan dan energi. Sedangkan untuk batubara kalori tinggi dan sangat tinggi (sampel Muara Enim dan Lahat), pemanfaatannya lebih difokuskan pada

grafena yang dihasilkan, mengingat kualitas GQDs yang dihasilkan tidak sebaik dengan GQDs dari batubara kalori rendah.

Asumsi ekonomi sederhana dilakukan untuk mengetahui potensi peningkatan nilai tambah batubara dari ekstraksi grafena. Mengacu pada salah satu situs *e-commerce* (Alibaba.com – November 2023), harga serbuk grafena *multi layers* adalah 70 US\$ per 100 gram sedangkan untuk grafena 3 – 8 *layer* (*few layers*) adalah US\$ 80 (Amazon.com). Merujuk pada Harga Batubara Acuan (HBA) bulan November 2023, harga 1 ton batubara dengan nilai kalori 3400 kal/gr GAR adalah US\$ 34 dan US\$ 117 untuk batubara bernilai kalori 6300. Terlihat bahwa harga jual hasil ekstraksi grafena jauh lebih besar dibandingkan harga

batubara (*raw coal*). Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu meningkatkan nilai keekonomisan batubara, baik itu batubara kalori rendah maupun kalori sangat tinggi.

## KESIMPULAN

Ekstraksi material maju berupa grafena, *reduced graphene oxide* (rGO) dan *graphene quantum dots* (GQDs) terbukti dapat dilakukan pada setiap jenis batubara, mulai dari batubara berkalori rendah hingga batubara berkalori sangat tinggi dengan perolehan yang cukup menjanjikan.

Upaya ekstraksi material maju dari batubara ini mampu meningkatkan nilai keekonomisan batubara yang sejalan dengan program Peningkatan Nilai Tambah Batubar

## DAFTAR PUSTAKA

- Balandin, A. A., Ghosh, S., Bao, W., Calizo, I., Teweldebrhan, D., Miao, F., dan Lau, C. N., 2008, *Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene*, American Chemical Society Publications.
- Berry, V., 2013, *Impermeability of Graphene and its Applications*, Carbon Journal, Volume 62, p 1 – 10.
- Chen, H., Muller, M. B., Gilmore, K. J., Wallace, G. G., dan Li, D, *Mechanically Strong, Electrically Conductive, and Biocompatible Graphene Paper*, 2008. *Advanced Materials*, Volume 10, p 3557 – 3561.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Grafena>
- Ikram, M., Raza, A., Shahzad, K., Haider, A., Haider, J., Durrani, A.K., Rizvi, A.H., Maqsood, A., and Ikram, M., 2021, *Advanced Carbon Materials: Base of 21<sup>st</sup> Century Scientific Innovations in Chemical, Polymer, Sensing and Energy Engineering*. doi: 10.5772/intechopen.95869.

- Kennedy, A., Brame, J., Rycroft, T., Wood, M., Zemba, V., Weiss Jr, C., Hull, M., Hill, C., Geraci, C., Linkov, I., 2019, *A definition and categorization system for advanced materials: The foundation for risk-informed environmental health and safety testing*. Wiley.com.
- Lee, C., Wei, X., Kysar, J.W., Hone, J., 2008, *Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene*. Science 321, 385.
- Liu, L., Chen, J., Zhou, Z., Yi, Z., dan Ye, X., 2018, *Tunable Absorption Enhancement in Electric Split-Ring Resonators-Shaped Graphene Arrays*, Material Research Express, Volume 5.
- Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), 2022, Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Indonesia Tahun 2022, Badan Geologi, Bandung.
- Sheehy, D.E., dan Schmalian, J., 2009, *Optical Transparency of Graphene as Determined by the Fine-Structure Constant*, American Physical Society Journals.

**Tabel 1.** Hasil ekstraksi grafena/reduce graphene oxide (Gs/rGO) dan graphene quantum dots (GQDs)

No	Kode Sampel	Lokasi	Rendemen rGO/Gs (%)		pH	Conductivity ( $\mu\text{S/cm}$ )	GQDs (ppm)
			Gs (%)	rGO (%)			
1	ASD-01	Muba		84	6.0	1145	587
2	ASD-02	Muba		89	6.0	1152	549
3	ASD-03	Muba		81	6.0	2068	303
4	CK-01	Muba		81	6.0	1038	558
5	CK-03	Muba		89	6.0	1063	563
6	API-01	Muba		85	6.0	1048	568
7	APU-02	Muba		84	6.0	1102	589
8	APU-03	Muba		84	6.0	1097	502
9	BRN-01	Muba		86	6.0	1123	602
10	BRN-02	Muba		86	6.0	1146	576
11	SR-01	Muba		82	6.0	2059	312
12	SR-02	Muba		80	6.0	1065	478
13	SAK-01	Muba		83	6.0	3985	201
14	SAK-02	Muba		83	6.0	3992	237
15	PNBA-01	Muaraenim	96		6.0	8472	474
16	PNBA-02	Muaraenim	94		6.0	8588	467
17	PNBA-03	Muaraenim	95		6.0	9589	447
18	PNBA-04	Muaraenim	93		6.0	9626	465
19	PNBA-05	Muaraenim	97		6.0	9643	479
20	PNBA-06	Muaraenim	96		6.0	8587	427
21	PNBA-07	Muaraenim	97		6.0	8537	432
22	PNBA-08	Muaraenim	96		6.0	8393	435
23	PNBA-09	Muaraenim	94		6.0	8492	422
24	PNSC-01	Lahat	91		6.0	10209	327
25	PNSC-02	Lahat	92		6.0	9630	435
26	STK-01	Kotim		82	6.0	2307	413
27	STK-02	Kotim		85	6.0	1068	583
28	STK-03	Kotim		85	6.0	1042	568
29	STK-04	Kotim		87	6.0	2752	402
30	STK 04 SB	Kotim		80	6.0	809	635
31	MS 01	Paser		84	6.0	598	313
32	MS 02	Paser		88	6.0	603	346

**Tabel 2.** Hasil analisis proksimat sampel batubara yang digunakan untuk ekstraksi grafena

NO	Kode Sampel	FM	TM	PROKSIMAT (% , adb)					CV	RD	HGI
		(% , ar)		M	VM	Ash	FC	TS	(kal/gr, adb)		
1	ASD 01	21,46	34,74	16,92	41,58	1,39	40,11	0,2	6064	1,29	62
2	ASD 02	25,25	35,4	13,58	44,4	1,09	40,93	0,31	6227	1,31	63
3	CK 1	47,58	57,39	18,72	42,36	1,39	37,53	0,24	5179	1,35	53
4	CK 03	37,97	47,06	14,65	46,32	1,97	37,06	1,25	5826	1,34	78
5	API 01	49,78	57,85	16,07	43,88	2,5	37,55	0,22	5266	1,38	63
6	APU 02	43,53	50,78	12,85	43,27	2,16	41,72	1,06	5507	1,4	54
7	APU 03	43,68	51,53	13,94	42,69	3,51	39,86	0,93	5416	1,41	58
8	BRN 01	41,01	48,15	12,1	44,75	4,97	38,18	1,11	5614	1,4	58
9	BRN 02	38,95	49,35	17,03	41,68	4,63	36,66	0,99	5300	1,37	51
10	ASD 03	24,55	32,97	11,06	45,24	1,56	42,04	0,19	6327	1,33	69
11	SR 01	40,61	48,62	13,5	43,87	2,15	40,48	0,28	5638	1,39	47
12	SR 02	40,14	46,57	10,75	50,32	1,4	37,53	0,16	6140	1,34	62
13	SAK 01	45,4	50,45	9,24	53,36	2,69	34,71	0,18	6326	1,33	74
14	SAK 02	48,43	55,65	14	46,51	2,54	36,95	0,19	5632	1,38	65
15	PNBA-1	29,09	35,09	8,47	48,89	1,35	41,29	0,18	6.334	1,33	59
16	PNBA-2	22,85	29,99	9,26	44,12	0,80	45,82	0,15	6374	1,33	51
17	PNBA-3	14,32	19,39	5,92	45,11	1,06	47,91	0,31	7136	1,29	56
18	PNBA-4	2,78	5,07	2,36	37,91	2,05	57,68	0,30	7953	1,25	52
19	PNBA-5	0,97	2,48	1,53	27,81	1,85	68,81	0,73	8358	1,27	96
20	PNBA-6	24,90	31,65	8,99	43,82	1,24	45,95	0,21	6266	1,35	40
21	PNBA-7	34,68	41,13	9,87	45,77	1,05	43,31	0,16	6114	1,35	49
22	PNBA-8	33,76	41,29	11,37	45,95	2,80	39,88	0,20	5839	1,35	54
23	PNBA-9	21,30	28,06	8,59	42,48	4,12	44,81	0,52	6421	1,32	52
24	PNSC-1	8,57	12,41	4,20	6,25	10,52	79,03	0,51	6959	1,69	38
25	PNSC-2	3,40	4,85	1,50	36,82	3,20	58,48	3,49	7998	1,28	81
26	STK-01	48,11	55,31	13,87	41,23	3,21	41,69	0,40	5.373	1,38	57
27	STK-02	41,19	52,54	19,30	37,01	6,50	37,19	0,26	4.623	1,39	83
28	STK-03	34,48	43,22	13,34	41,22	13,88	31,56	0,30	4.226	1,50	89
29	STK-04	41,82	50,12	14,28	40,57	2,51	42,64	0,26	5.056	1,41	80
30	STK-04-SB	47,47	52,61	9,79	36,40	23,70	30,11	0,46	4.322	1,55	100
31	MS 1	26,57	35,76	12,53	45,52	5,59	36,36	0,23	5.455	1,38	-
32	MS 2	20,90	31,36	13,23	44,21	5,81	36,75	0,21	5.431	1,01	-

Keterangan:

- FM : *Free Moisture* (lengas bebas)                      FC : *Fixed Carbon* (karbon tertambat)
- TM : *Total Moisture* (lengas total)                      TS : *Total Sulphur* (kandungan belerang)
- M : *Moisture* (lengas / kelembaban)                      CV : *Calorific Value* (nilai kalori)
- VM : *Volatile Matter* (zat terbang)                      RD : *Relative Density* (Berat Jenis)
- Ash : Kandungan abu                      HGI : *Hardgrove Grindability Index* (Index ketergerusan batubara)

Tabel 3. Hasil analisis ultimat sampel batubara yang digunakan untuk ekstraksi grafena

NO	Kode Sampel Lapangan	ULTIMAT (% daf)				
		C	H	N	O	S
1	ASD 01	77,58	5,87	1,47	14,84	0,24
2	ASD 02	76,08	5,73	1,51	16,31	0,36
3	CK 1	70,64	5,11	1,09	22,86	0,3
4	CK 03	73,21	5,61	1,25	18,44	1,49
5	API 01	70,2	5,04	0,85	23,64	0,26
6	APU 02	70,79	4,94	0,81	22,21	1,24
7	APU 03	71,23	4,91	1,42	21,32	1,12
8	BRN 01	72,05	5,28	1,43	19,9	1,34
9	BRN 02	72,03	5,1	1,39	20,22	1,26
10	ASD 03	75,62	5,41	1,45	17,3	0,22
11	SR 01	71,23	4,85	1,39	22,2	0,33
12	SR 02	72,01	5,57	1,16	21,08	0,18
13	SAK 01	72,99	5,98	1,17	19,65	0,2
14	SAK 02	70,29	5	1,04	23,44	0,23
15	PNBA-1	73,81	5,69	0,98	19,33	0,20
16	PNBA-2	75,21	5,45	1,07	18,11	0,16
17	PNBA-3	78,04	5,88	1,18	14,57	0,33
18	PNBA-4	85,34	6,02	1,37	6,96	0,31
19	PNBA-5	89,19	5,42	1,79	2,84	0,76
20	PNBA-6	74,21	5,31	1,24	19,02	0,23
21	PNBA-7	73,28	5,34	0,89	20,32	0,18
22	PNBA-8	72,83	5,60	1,01	20,34	0,23
23	PNBA-9	77,05	5,84	1,45	15,06	0,59
24	PNSC-1	90,38	1,00	0,77	7,26	0,59
25	PNSC-2	84,47	5,73	1,79	4,35	3,66
26	STK-01	70,96	5,10	0,87	22,58	0,48
27	STK-02	65,05	3,87	0,92	29,82	0,35
28	STK-03	65,65	4,36	0,92	28,66	0,41
29	STK-04	55,77	3,67	0,67	39,58	0,31
30	STK-04-SB	69,52	5,16	0,82	23,81	0,69
31	MS 1	74,17	5,63	1,21	18,71	0,27
32	MS 2	75,03	5,77	1,22	17,73	0,25

C=Carbon; H=Hydrogen; N=Nitrogen; O=Oxygen; S=Sulp

Tabel 4. Hasil analisis abu sampel batubara yang digunakan untuk ekstraksi grafena

No	Kode Sampel	Parameter												
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	HD
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	ASD 01	49,80	27,62	5,92	4,18	0,57	0,36	0,68	0,79	0,24	0,06	3,77	1,40	6,02
2	ASD 02	22,43	41,07	8,25	6,46	1,22	0,31	0,77	1,00	0,56	0,07	7,96	2,26	9,90
3	CK 1	5,86	58,85	8,50	4,91	2,20	0,19	0,72	1,08	0,56	0,03	7,42	4,52	9,68
4	CK 03	15,89	38,43	18,45	4,36	2,29	0,29	0,80	0,97	0,45	0,03	7,61	2,56	10,42
5	API 01	23,62	35,83	8,59	8,41	1,77	0,34	0,66	0,49	0,34	0,13	12,82	1,07	7,01
6	APU 02	33,09	37,55	11,54	3,59	1,99	0,19	1,08	0,92	0,36	0,05	2,85	2,36	6,80
7	APU 03	6,26	19,72	19,79	14,77	5,06	0,21	0,69	0,64	1,20	2,11	22,59	0,50	6,97
8	BRN 01	6,31	13,69	30,25	12,69	5,12	1,52	0,69	0,14	0,68	0,16	20,98	1,23	7,77
9	BRN 02	11,93	12,53	25,79	13,22	6,06	0,40	0,87	0,27	1,39	0,36	20,73	0,72	6,46
10	ASD 03	26,50	13,21	15,86	14,19	3,70	0,61	0,76	0,43	0,46	0,05	17,22	0,36	7,12
11	SR 01	2,31	37,77	31,65	6,79	3,72	0,13	0,67	0,18	0,77	0,05	10,45	1,22	5,50
12	SR 02	16,97	27,22	13,02	14,17	5,66	0,24	0,83	1,17	0,99	0,56	7,41	1,29	11,76
13	SAK 01	33,99	23,96	12,89	7,41	2,88	0,37	0,69	1,94	0,78	1,38	7,12	0,32	6,56
14	SAK 02	26,27	31,16	14,58	8,46	3,84	0,34	0,66	0,65	0,99	0,09	8,29	0,46	4,67
15	PNBA-1	14,80	60,25	6,33	4,57	0,52	0,40	0,20	1,76	0,17	0,10	4,78	3,96	11,51
16	PNBA-2	9,81	71,91	7,92	3,72	0,42	0,01	0,09	1,57	0,26	0,16	4,47	4,80	3,32
17	PNBA-3	37,21	10,69	12,46	13,4	4,38	18,65	0,87	0,82	0,09	0,19	13,43	0,44	1,22
18	PNBA-4	44,83	43,25	3,58	1,80	0,61	1,68	0,16	2,50	0,08	0,12	1,36	0,44	1,48
19	PNBA-5	12,66	11,62	66,84	3,26	1,02	1,42	0,24	0,37	0,06	0,08	3,69	0,4	2,18
20	PNBA-6	12,50	61,63	4,75	7,00	0,52	0,05	0,08	0,63	0,19	0,12	4,38	4,12	12,82
21	PNBA-7	41,78	50,30	2,37	0,44	0,21	-	0,45	1,30	0,08	0,15	0,10	1,56	3,12
22	PNBA-8	10,09	23,49	13,12	40,51	6,53	1,14	0,56	0,48	1,36	0,17	10,29	0,46	2,48
23	PNBA-9	36,77	34,99	4,04	5,80	3,11	11,00	0,27	0,26	0,05	0,08	5,27	0,26	3,54
24	PNSC-1	44,07	29,77	5,48	4,87	2,17	1,59	2,86	0,87	0,10	0,35	2,25	1,06	8,19
25	PNSC-2	48,39	37,94	5,33	1,31	0,66	3,18	0,21	1,62	0,06	0,09	0,52	0,18	1,28
26	STK-01	17,27	50,08	16,26	7,64	0,53	0,54	0,31	0,93	0,37	0,17	8,32	1,96	6,39
27	STK-02	33,96	52,02	4,13	1,40	0,48	-	0,46	1,05	0,09	0,14	1,47	4,72	7,15
28	STK-03	47,51	31,02	11,97	3,55	1,32	0,03	0,73	1,00	0,23	0,15	2,33	0,80	2,64
29	STK-04	41,40	47,75	3,48	1,09	0,26	0,08	0,42	1,36	0,12	0,18	0,20	3,40	4,00
30	STK-04-SB	65,01	18,19	6,21	5,32	1,11	0,08	1,10	1,39	0,12	0,19	3,50	0,48	1,32
31	MS 1	47,31	22,55	21,21	2,17	1,62	0,26	0,50	0,90	0,28	0,10	2,37	0,88	-
32	MS 2	59,68	18,79	14,16	1,68	1,30	0,49	0,70	0,70	0,19	0,12	1,69	0,84	-

Tabel 5. Nilai kalori dalam basis ADB dan GAR beserta *yield* grafena yang dihasilkan

NO	Kode Sampel	Layers	CV (kal/gr, adb)	CV (kal/gr, GAR)	Yield Gs/rGO
1	ASD 01	9 ( <i>few</i> )	6064	4763	84
2	ASD 02	<i>few</i>	6227	4655	89
3	CK 1	13 ( <i>multi</i> )	5179	2715	81
4	CK 03	<i>multi</i>	5826	3614	81
5	API 01	<i>multi</i>	5266	2645	89
6	APU 02	6 ( <i>few</i> )	5507	3110	85
7	APU 03	<i>few</i>	5416	3050	84
8	BRN 01	<i>multi</i>	5614	3312	84
9	BRN 02	10 ( <i>multi</i> )	5300	3235	86
10	ASD 03	<i>few</i>	6327	4768	86
11	SR 01	8 ( <i>few</i> )	5638	3349	82
12	SR 02	<i>few</i>	6140	3676	80
13	SAK 01	<i>few</i>	6326	3454	83
14	SAK 02	4 ( <i>few</i> )	5632	2904	83
15	PNBA-1	3 ( <i>few</i> )	6334	4492	96
16	PNBA-2	<i>few</i>	6374	4918	94
17	PNBA-3	<i>few</i>	7136	6114	95
18	PNBA-4	<i>few</i>	7953	7732	93
19	PNBA-5	3 ( <i>few</i> )	8358	8277	97
20	PNBA-6	<i>few</i>	6266	4706	96
21	PNBA-7	<i>few</i>	6114	3993	97
22	PNBA-8	<i>few</i>	5839	3868	96
23	PNBA-9	<i>few</i>	6421	5053	94
24	PNSC-1	<i>few</i>	6959	6363	91
25	PNSC-2	3 ( <i>few</i> )	7998	7726	92
26	STK-01	<i>multi</i>	5373	2788	82
27	STK-02	<i>multi</i>	4623	2719	85
28	STK-03	15 ( <i>multi</i> )	4226	2769	85
29	STK-04	<i>multi</i>	5056	2942	87
30	STK-04-SB	<i>multi</i>	4322	2270	80
31	MS 1	5 ( <i>few</i> )	5455	4006	84
32	MS 2	<i>few</i>	5431	4296	88



## PEMUTAKHIRAN DATA DAN NERACA SUMBER DAYA DAN CADANGAN BATUBARA STATUS TAHUN 2023

**Arya Juarsa, Penny Oktaviani, M. Abdurachman Ibrahim, Rahmat Hidayat  
Dan Eko Budi Cahyono<sup>1</sup>**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Kebijakan pemerintah mengenai hilirisasi dan diversifikasi energi diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah komoditas energi. Selain itu, konsumsi energi yang terus meningkat perlu diantisipasi dengan peningkatan kegiatan eksplorasi untuk memenuhi alokasi kebutuhan energi nasional. Informasi mengenai sumber daya dan cadangan energi merupakan hal yang mendasar dalam perencanaan strategi Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagaimana termaktub dalam Bab IV, Pasal 11, Undang-Undang (UU) Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi. Kegiatan pemutakhiran data sumber daya dan cadangan batubara diharapkan mampu memberikan dukungan terhadap KEN.

Pada bulan Desember tahun 2023, sumber daya batubara Indonesia sebanyak 97,297 miliar ton dan 90,785 miliar ton diantaranya telah terverifikasi oleh *Competent Person*. Cadangan batubara Indonesia (0-100 m) sebesar 31,713 miliar ton dan 30,218 miliar ton diantaranya telah terverifikasi oleh *Competent Person*.

**Kata kunci:** Sumber daya, cadangan, batubara

### PENDAHULUAN

Sektor energi dan sumber daya mineral memiliki peran penting dalam pembangunan nasional, terutama dalam mendukung perekonomian baik melalui sisi fiskal, moneter maupun sektor rill. Batubara merupakan salah satu sumber energi yang dimiliki Indonesia dan telah lama dimanfaatkan sebagai modal pembangunan nasional.

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) memiliki tugas pokok untuk melakukan penyusunan dan pemutakhiran neraca sumber daya dan cadangan batubara untuk menginventarisasi dan memperbaharui data potensi sumber daya batubara nasional. Data sumber daya dan cadangan batubara yang akurat dapat digunakan untuk membuat berbagai

kebijakan nasional yang berhubungan dengan pemanfaatan batubara.

Maksud dan tujuan kegiatan pemutakhiran data sumber daya dan cadangan batubara adalah menyediakan media informasi yang dapat dipergunakan bagi kepentingan internal maupun eksternal (publik) sebagai bahan referensi mengenai potensi batubara nasional, agar dapat dijadikan dasar acuan perencanaan pengembangan komoditas energi untuk pembangunan skala daerah ataupun nasional.

## **METODOLOGI**

Pemutakhiran data dan neraca sumber daya batubara mengakomodir perubahan dan atau penambahan data yang terjadi pada tahun berjalan. Angka hasil pemutakhiran data tersebut dikeluarkan sebanyak dua kali dalam setahun, yaitu pada bulan Juli untuk hasil rekapitulasi data pada rentang waktu Januari sampai juni, dan pada bulan Januari tahun berikutnya untuk hasil rekapitulasi data bulan Juli sampai Desember. Makalah ini menyajikan hasil rekapitulasi data bulan Januari sampai desember tahun 2023.

Tahapan Pekerjaan yang dilakukan adalah: inventarisasi dan pengelompokan data, pengisian formulir isian basis data, pemasukan data dari formulir ke sistem basis data, verifikasi, integrasi data tekstual dan spasial menjadi sistem

informasi geografis (SIG), *uploading* pada internet sistem *web-GIS*, dan *output* berupa tabel sumber daya dan cadangan, serta peta.

Data berasal dari laporan penyelidikan PSDMBP, rekapitulasi data sumber daya dan cadangan perusahaan pemegang Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) dan Ijin Usaha Pertambangan (IUP) yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara.

Data yang digunakan dalam penyusunan neraca sumber daya batubara ini sebagian besar merupakan data hasil eksplorasi badan usaha. Pengaturan alur data tersebut diatur dalam UU No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang – Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara Pasal 6 Ayat 1 dengan alur data sebagai berikut:

1. Pemerintah Daerah (Gubernur) wajib menyampaikan laporan eksplorasi, data dan informasi kegiatan eksplorasi, dan pengusahaan pertambangan kepada Kementerian ESDM, cq. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara;
2. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara menyampaikan tembusan laporan dan data serta informasi kegiatan eksplorasi kepada Badan Geologi; dan

3. Badan Geologi menerima laporan data dan informasi kegiatan eksplorasi.

Sumber data yang digunakan dalam kegiatan pemutakhiran ini relatif bervariasi sehingga koreksi terhadap data tersebut masih perlu dilakukan agar keakuratan data dapat tetap terjaga dan menghasilkan pelaporan yang bermanfaat bagi setiap pemangku kepentingan di sektor energi.

Data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan kriteria penambahan data baru atau pembaharuan data lama.

Setelah data diinventarisir, kemudian dimasukkan ke dalam formulir basis data batubara. Hal ini dilakukan untuk menyeragamkan format data. Formulir yang telah diisi kemudian dimasukkan ke dalam basis data PSDMBP untuk dilakukan pengelolaan dan penyimpanan data. Kemudian data tersebut diolah dan diintegrasikan antara data spasial dan tekstual sehingga dapat disajikan dalam bentuk SIG untuk memudahkan pengelolaan data; Selain memasukkan data baru, dilakukan juga pemutakhiran data lama berdasarkan data baru yang dirilis oleh Pemegang ijin PKP2B/IUP. Setelah seluruh data dimutakhirkan, kemudian dilakukan verifikasi data. Setelah diverifikasi, data

sumber daya dan cadangan batubara selesai dimutakhirkan.

### **KLASIFIKASI SUMBER DAYA DAN CADANGAN BATUBARA**

Klasifikasi sumber daya batubara yang digunakan dalam Pemutakhiran Data Sumber Daya dan Cadangan batubara mengacu pada SNI 5015 Tahun 2019 yang berjudul Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya dan Cadangan Batubara. Sumber daya batubara berdasarkan tingkat penyelidikannya, diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu tereka, tertunjuk, dan terukur, sedangkan klasifikasi cadangan dibagi menjadi dua kategori, yaitu cadangan terkira dan terbukti. Untuk kepentingan inventarisasi sumber daya batubara nasional, hasil kegiatan pemerintah dari kegiatan penyelidikan survei tinjau dikategorikan sebagai Target Eksplorasi dan Inventori Batubara.

Data yang sudah dikelompokkan kemudian disusun dalam bentuk tabel sumber daya dan cadangan yang secara umum dipisahkan berdasarkan lokasi administratifnya.

Pada tabel, nilai total sumberdaya dibuat menjadi dua kolom terpisah. Kolom pertama menampilkan nilai total sumberdaya hasil rekapitulasi secara keseluruhan, sedangkan kolom berikutnya menampilkan nilai total sumber daya yang

telah diverifikasi. Hal yang sama juga dibuat untuk data cadangan.

Sumber daya terverifikasi adalah sumber daya batubara hasil kegiatan eksplorasi PSDMBP Badan Geologi dan sumber daya batubara yang dilaporkan oleh Badan Usaha yang diestimasi oleh orang yang berkompeten (*competent person*). Cadangan terverifikasi adalah cadangan batubara yang dilaporkan Badan Usaha dan telah diestimasi oleh *competent person*.

Sumber daya batubara bersifat inklusif (cadangan bagian dari sumber daya).

## PEMBAHASAN

Sumber data mewakili 1.656 lokasi yang berasal dari 156 dari kegiatan penyelidikan PSDMBP, 69 PKP2B; 6 IUPK; 938 IUP status terdaftar dan 495 IUP Tidak Terdaftar, penambahan titik data berasal dari 2 titik hasil kegiatan lapangan PSDMBP dan 9 titik data tambahan IUP periode Januari – Desember tahun 2023.

Dari total 1.656 titik yang berhasil diinput sebagai data neraca, 156 titik telah diverifikasi oleh PSDMBP Badan Geologi, 59 titik telah diverifikasi oleh CP

Perusahaan PKP2B, 6 titik telah diverifikasi oleh CP Perusahaan IUPK dan

880 titik telah diverifikasi oleh CP Perusahaan IUP.

Hingga bulan desember tahun 2023, basis data batubara terdiri dari 1.656 lokasi yang tersebar di 23 provinsi. Sumber daya batubara permukaan Indonesia (0 - 100 m) terdiri dari (**Tabel 1**):

- Sumber daya batubara tereka 25,288 Miliar ton.
- Sumber daya batubara terunjuk 31,875 Miliar ton.
- Sumber daya batubara terukur 40,132 Miliar ton.

Total sumber daya batubara permukaan Indonesia (0-100m) tercatat sebesar 97,297 miliar ton dan 90,785 miliar ton diantaranya telah terverifikasi oleh *Competent Person*. Cadangan batubara Indonesia (0-100 m) sebesar 31,713 miliar ton dan 30,218 miliar ton diantaranya telah terverifikasi oleh *Competent Person*.

Sumber daya batubara untuk tambang dalam, yaitu batubara dengan kedalaman lebih dari 100 meter, adalah sebesar 1,696 miliar ton dan total cadangan 573 juta ton.

Tabel 1. Sumber Daya dan Cadangan Batubara Per Provinsi Status Tahun 2023

Provinsi	Target Eksplorasi	Total Inventori	Sumber Daya (Juta Ton)					Cadangan (Juta Ton)			
			Tereka	Tertunjuk	Terukur	Total	Terverifikasi	Terkira	Terbukti	Total	Terverifikasi
Banten	5,47	52,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Java Tengah	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Java Timur	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aceh	1,16	20,92	279,13	424,70	403,06	1.106,89	895,67	317,77	265,36	583,13	485,47
Sumatera Utara	0,00	14,62	10,24	8,48	7,55	26,26	0,00	0,00	7,12	7,12	
Riau	36,10	412,05	295,91	344,78	329,95	970,64	966,61	195,09	177,62	372,71	371,30
Sumatera Barat	1,19	315,89	27,87	17,00	55,00	99,88	64,12	16,17	18,76	34,93	12,87
Jambi	142,37	1.576,74	1.039,30	1.142,94	2.016,24	4.198,48	3.432,93	632,92	1.074,82	1.707,74	1.577,37
Benkulu	36,86	208,61	138,24	106,34	171,43	416,01	371,42	42,20	68,27	110,46	94,17
Sumatera Selatan	4.885,39	10.581,29	7.584,67	9.849,83	8.388,08	25.822,58	22.625,34	4.617,76	4.369,70	8.987,46	8.671,03
Lampung	0,00	106,95	10,25	24,28	60,32	94,85	0,00	60,32	0,00	60,32	
Kalimantan Barat	2,26	463,44	0,98	0,48	0,00	1,46	1,46	0,43	0,00	0,43	0,43
Kalimantan Tengah	35,39	2.893,20	4.004,52	3.194,65	2.947,56	10.146,72	9.123,65	1.586,30	1.430,16	3.016,46	2.555,90
Kalimantan Selatan	7,83	1.363,81	3.225,20	3.206,60	6.915,91	13.347,72	12.896,08	1.216,44	2.856,04	4.072,47	3.906,10
Kalimantan Timur	890,55	15.093,44	7.782,11	12.705,25	17.892,25	38.379,61	37.796,79	4.927,89	6.851,97	11.779,85	11.586,05
Kalimantan Utara	25,79	333,32	880,04	841,50	936,86	2.658,40	2.583,65	589,40	385,22	974,62	952,43
Sulawesi Selatan	13,79	25,74	3,02	1,84	0,72	5,57	5,57	1,16	0,61	1,77	1,77
Sulawesi Barat	11,46	26,26	1,30	1,00	0,85	3,15	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulawesi Tengah	0,52	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulawesi Tenggara	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maluku Utara	8,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papua Barat	93,66	32,82	6,00	5,70	7,20	18,90	18,90	4,09	0,00	4,09	4,09
Papua	7,20	31,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL INDONESIA</b>	<b>6.205,84</b>	<b>33.555,52</b>	<b>25.288,78</b>	<b>31.875,35</b>	<b>40.132,99</b>	<b>97.297,11</b>	<b>90.785,34</b>	<b>14.207,94</b>	<b>17.505,62</b>	<b>31.713,55</b>	<b>30.218,98</b>

## KESIMPULAN

Sumber daya batubara Indonesia terdiri dari sumber daya tereka 25,288 miliar ton, sumber daya tertunjuk 31,875 miliar ton, sumber daya batubara terukur 40,132 miliar ton. Total sumberdaya batubara permukaan Indonesia tercatat 97,297 miliar ton dengan total sumberdaya terverifikasi 90,785 miliar ton. Cadangan batubara Indonesia (0-100 m) terdiri dari cadangan terkira sebesar 14,207 miliar ton dan cadangan terbukti sebesar 17,505 miliar ton. Total cadangan batubara sebesar 31,713 miliar ton dengan total cadangan terverifikasi 30,218 miliar ton

Nilai cadangan batubara Indonesia sebagian besar diperoleh dari laporan

perusahaan pemegang izin usaha PKP2B, IUPK dan IUP. Pada neraca tahun 2023 terdapat penurunan jumlah sumber daya batubara sebesar 1.248,16 juta ton, sedangkan cadangan batubara mengalami penurunan sebanyak 2.150,96 juta ton. Penurunan sumber daya dan cadangan ini dikarenakan adanya kegiatan operasi produksi batubara, serta meningkatnya penggunaan *Competent Person* yang meningkatkan tingkat keyakinan data sumberdaya dan cadangan. Selain itu dikarenakan adanya pencabutan IUP pada tahun 2023 sehingga adanya perubahan dalam status sumber daya menjadi Inventori.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2020. Laporan Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung.
- Anonim. 2021. Laporan Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung.
- Anonim. 2019. *Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara*, (SNI 5015:2019), Badan Standar Nasional. Jakarta.

## PEMUTAKHIRAN DATA SUMBER DAYA GAMBUT, STATUS TAHUN 2023

**Arya Juarsa, Muhammad Abdurachman Ibrahim, Eko Budi Cahyono,  
Rahmat Hidayat, dan Agus Maryono**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara, Pusat  
Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Pemutakhiran data dan neraca sumber daya energi mengakomodir perubahan dan atau penambahan data yang terjadi setiap tahun. Kegiatan pemutakhiran data dan neraca sumber daya gambut termasuk dalam tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP). Data dan neraca sumber daya gambut dapat digunakan oleh kementerian atau lembaga terkait untuk pembuatan kebijakan di sektor energi, sehingga dalam kegiatan pemutakhiran neraca sumber daya diperlukan keakuratan data yang telah diinventarisasi. Alur data penyelidikan berperan sangat penting dalam menunjang keakuratan dan termutakhirkannya data sumber daya gambut. Sumber data pada neraca sumber daya gambut merupakan data primer berupa laporan hasil kegiatan penyelidikan yang dilakukan oleh PSDMBP. Status Tahun 2023, sumber daya gambut hasil penyelidikan Badan Geologi sebesar 13,871 miliar ton gambut kering dengan nilai kalori dapat mencapai 1.405-5.950 kal/gram (adb), setara dengan batubara lignit dan subbituminus.

**Kata kunci:** Sumber daya, energi, gambut

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sektor energi dan sumber daya mineral (ESDM) memiliki peran penting dalam pembangunan nasional, terutama dalam mendukung perekonomian baik melalui sisi fiskal, moneter maupun sektor rill. Dalam Undang-Undang Dasar (UUD) Tahun 1945 Pasal 33 ayat 3 tertulis bumi, air, dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk

kemakmuran rakyat, termasuk di dalamnya sumber daya gambut. Untuk mewujudkan amanat undang-undang tersebut, perlu diketahui lokasi keberadaan serta kondisi sumber daya energi pada suatu wilayah, sehingga dapat dibuat perencanaan yang tepat dalam pengembangan wilayah tersebut. Penyusunan neraca sumber daya merupakan salah satu solusi untuk mengetahui potensi kekayaan alam Indonesia. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP)

sesuai tugas dan fungsinya melakukan penyusunan dan pemutakhiran neraca sumber daya energi termasuk di dalamnya sumber daya gambut. Data neraca sumber daya yang akurat dapat digunakan untuk membuat berbagai kebijakan nasional yang berhubungan dengan pemanfaatan gambut.

### **Maksud dan tujuan**

Maksud dan tujuan dari pemutakhiran data sumber daya gambut yaitu sebagai media informasi yang dapat dipergunakan bagi kepentingan internal maupun eksternal (publik) sebagai bahan referensi mengenai potensi gambut nasional, yang dapat dijadikan dasar acuan perencanaan pengembangan serta pembangunan skala daerah ataupun nasional.

### **Sistematika Pekerjaan**

Sistematika pekerjaan yang dilakukan yaitu inventarisasi dan pengelompokan data, pengisian formulir isian basis data, pemasukan data dari formulir ke sistem basis data, verifikasi, integrasi data tekstual dan spasial menjadi sistem informasi geografis (SIG), *uploading* pada internet sistem *web-GIS*, dan *output* berupa tabel neraca dan peta.

### **Sumber Data**

Sumber data pada neraca sumber daya gambut merupakan data primer dari laporan hasil penyelidikan yang dilakukan

oleh PSDMBP. Penyelidikan gambut yang dilakukan masih pada tahapan awal eksplorasi sehingga datanya berupa potensi sumber daya saja. Gambut di Indonesia belum diusahakan sebagai sumber energi, oleh karena itu pemerintah belum mengatur pengusahaannya secara khusus, sehingga tidak ada data dari badan usaha.

### **Data Gambut**

Gambut merupakan lapisan organik di permukaan, yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terawetkan dan terakumulasi dalam lingkungan asam, jenuh air, sedikit oksigen dan nutrisi. Secara geologi, gambut didefinisikan sebagai lapisan tanah yang kaya bahan organik (C-organik > 18% dengan ketebalan 50 cm atau lebih). Dalam pengertian ilmu geologi, gambut merupakan cikal bakal batubara (PSDMBP, 2023). Endapan material organik sisa tumbuhan akan melalui tahapan penggambutan sebelum menuju proses pembatubaraan berikutnya. Karena usia pembentukannya masih sangat muda, gambut memiliki nilai kalori yang lebih rendah serta kadar air yang lebih tinggi daripada batubara. Di beberapa negara, gambut telah lama dimanfaatkan sebagai sumber energi. Walaupun saat ini di Indonesia belum dimanfaatkan sebagai sumber energi, namun penting bagi Pemerintah untuk mengetahui potensi gambut yang ada di Indonesia.

Sumber daya gambut yaitu endapan gambut dalam bentuk dan kuantitas tertentu. Lokasi, kualitas, kuantitas serta karakteristik geologi gambut diperkirakan atau diinterpretasikan dari bukti geologi tertentu. Besaran sumber daya dinyatakan dalam satuan ton dan didapat dari perkalian antara volume gambut dan berat jenis gambut. Volume gambut didapat dari perkalian luas area dan ketebalan rata-rata gambut (PSDMBP, 2023).

### Formulir Data Gambut

Formulir *database* gambut terdiri beberapa bagian, yaitu: data umum (jenis laporan, penyelidik, tahun laporan), geologi (tatanan tektonik, stratigrafi, struktur geologi, lingkungan pengendapan), formasi pembawa gambut (nama formasi, litologi, umur), informasi lokasi (lokasi khas, desa, kecamatan, kabupaten, provinsi), koordinat wilayah (lokasi penyelidikan dalam bujur dan lintang), informasi lembar peta (peta yang digunakan, dapat berupa peta geologi regional atau lainnya), jenis dan tahapan eksplorasi gambut (metode penyelidikan, tahapan penyelidikan), penyelidik terdahulu, informasi lapisan gambut (sampel gambut, nama lapisan, tebal lapisan, bentuk lapisan, luas endapan, analisis data gambut), informasi kuantitas lapisan gambut (besaran sumber daya gambut), informasi kualitas lapisan gambut (analisis proksimat dan ultimat, analisis petrografi organik, analisis abu), informasi titik (informasi titik yang mewakili data

kualitas dan kuantitas daerah penyelidikan), dan informasi pengujian laporan (petugas yang mengisi atau memverifikasi formulir).

### Tabel Neraca Gambut

Dalam tabel data sumber daya gambut Indonesia, gambut dikarakterisasi berdasarkan lokasi keterdapatan (daerah, kabupaten, provinsi), kualitas gambut (nilai kalori dalam basis adb), luas area (ha), volume gambut (juta m<sup>3</sup>) serta sumber daya gambut (juta ton).

Hingga status Tahun 2023, penyelidikan gambut yang dilakukan oleh PSDMBP terdiri dari 71 lokasi yang tersebar di Pulau Sumatra, Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi bagian selatan. Seluruh lokasi tersebut menjadi data yang masuk dalam tabel neraca sumber daya gambut Indonesia.

### HASIL KEGIATAN

Sumber daya gambut berdasarkan hasil penyelidikan PSDMBP, Badan Geologi, hingga status Tahun 2023 (Tabel 1) sebesar 13,871 miliar ton gambut kering, pada luas 4,058 juta hektar (ha), dengan nilai kalori antara 1.405 - 5.950 kal/gram (adb), setara dengan batubara lignit dan subbituminus. Ketebalan gambut berkisar 1 - 13 meter. Data sumber daya gambut berasal dari 71 lokasi yang tersebar di Pulau Sumatra sebanyak 31 lokasi, Pulau Kalimantan sebanyak 39 lokasi, dan Pulau Sulawesi sebanyak satu lokasi (Gambar 1).

Selama delapan tahun terakhir (tahun 2016 – 2023) sumber daya gambut mengalami peningkatan, peningkatan sumber daya gambut didapatkan dari hasil eksplorasi gambut oleh PSDMBP yang terlihat dari penambahan jumlah lokasinya (Gambar 2).

Gambut merupakan salah satu pilihan sumber energi baru yang memiliki potensi untuk dikembangkan. Namun hingga saat ini, gambut di Indonesia belum dimanfaatkan sebagai sumber energi, terutama karena Indonesia memiliki beragam sumber energi yang lebih ekonomis untuk dikembangkan dibanding gambut. Walaupun demikian, dari sisi potensi, gambut Indonesia memiliki nilai kalori cukup besar sehingga layak dipertimbangkan sebagai sumber energi. Hanya saja, lahan gambut di Indonesia sebagian juga masih merupakan lahan konservasi, di atas lahan tersebut banyak terdapat hutan konservasi penyangga ekosistem setempat. Gambut ketika dibakar juga menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang dianggap membahayakan lingkungan. Kajian menyeluruh untuk pemanfaatan gambut perlu dilakukan agar gambut di Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal dengan mempertimbangkan dampak positif dan negatifnya.

Balai Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan

Pertanian (2011 dalam PSDMBP, 2023) menyatakan bahwa Indonesia memiliki lahan gambut seluas 14,9 juta ha yang tersebar di Pulau Sumatra, Pulau Kalimantan dan Pulau Papua. Sementara itu, berdasarkan publikasi dari *Survey of Energy Resources, World Energy Council* (2010 dalam PSDMBP, 2022) menyebutkan bahwa luas lahan gambut di Indonesia mencapai 20,7 juta ha dengan ketebalan mulai dari 2 meter s.d. 15 meter.

## **KESIMPULAN**

Sumber daya gambut Indonesia sebesar 13,871 miliar ton gambut kering dengan yang tersebar pada lahan luas 4,058 juta hektar (ha), tersebar di 71 lokasi di Indonesia. Saat ini lahan gambut lebih dimanfaatkan untuk perkebunan. Pengelolaan lahan gambut yang bijaksana memerlukan perubahan pendekatan dari prioritas sektor tunggal menuju strategi perencanaan menyeluruh terpadu yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa pemanfaatan gambut untuk berbagai kegunaan bisa dimaksimalkan dengan tetap mempertimbangkan dampak positif dan negatif secara keseluruhan.

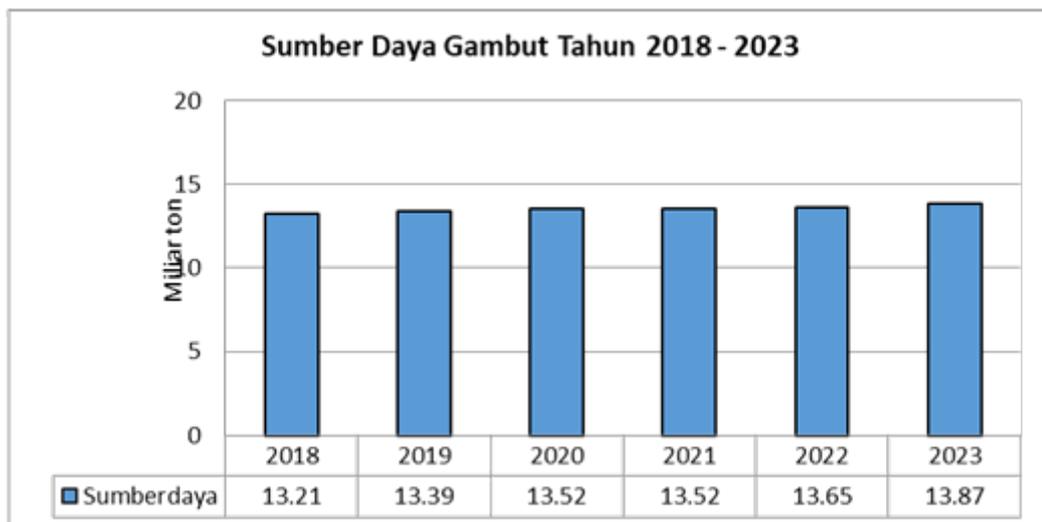
**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim, 2022, Buku Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2022, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Bandung.

Anonim, 2020, *Laporan Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber daya Energi*, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Bandung.



**Gambar 1.** Peta Sebaran Lokasi Gambut Indonesia, Status 2023



**Gambar 2.** Grafik Sumber Daya Gambut Indonesia Tahun 2018 - 2023

Tabel 1. Sumber Daya Gambut Indonesia Status Tahun 2023

No	Provinsi	Nilai Kalori (kal / gr) adb	Luas (ha)	Volume (juta m3)	Sumber Daya (juta ton)	Update
1	Aceh	1545 - 5035	57.700,00	2.260,00	239,82	Des-11
2	Sumatera Utara	4455 - 5540	27.040,63	30.966,00	166,76	Des-11
3	Riau	4395 - 5950	1.311.155,50	50.050,84	5.242,69	Nov-18
4	Jambi	1405 - 5220	260.407,00	13.393,00	1.648,68	Des-11
5	Sumatera Selatan	3018 - 5540	447.615,94	14.973,80	1.396,07	Des-22
<b>Sumatera</b>			<b>2.103.919,07</b>	<b>111.643,64</b>	<b>8.694,02</b>	
6	Kalimantan Barat	3210 - 5670	1.031,223,00	10.883,22	1.353,23	Des-23
7	Kalimantan Tengah	3395 - 5330	654.519,62	26.154,32	3.557,58	Aug-18
8	Kalimantan Selatan	2362 - 5320	250.963,00	1.267,83	223,07	Des-11
9	Kalimantan Timur	3400 - 5480	16.579,00	442,37	42,48	Des-11
<b>Kalimantan</b>			<b>1,953,284,62</b>	<b>38.747,74</b>	<b>5.176,35</b>	
10	Sulawesi Selatan	4680 - 5220	1.250,00	9,50	1,25	Des-11
<b>Sulawesi</b>			<b>1.250,00</b>	<b>9,50</b>	<b>1,25</b>	
<b>Sumber Daya Gambut Indonesia</b>			<b>4.058.453,69</b>	<b>150.400,88</b>	<b>13.871,62</b>	

## PEMUTAKHIRAN DATA SUMBER DAYA GAS METANA BATUBARA STATUS TAHUN 2023

**Arya Juarsa, Rahmat Hidayat, Fatimah, M. Abdurachman Ibrahim,  
dan Eko Budi Cahyono**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) - Badan Geologi, sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri ESDM No 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian ESDM, memiliki tugas dan fungsi yang salah satunya adalah menyelenggarakan penyusunan neraca sumber daya bidang mineral, batubara dan panas bumi. Penyusunan dan pemutakhiran data neraca merupakan salah satu upaya untuk menginventarisasi dan memperbarui data potensi sumber daya energi dan mineral nasional. Pemutakhiran data dan neraca sumber daya energi mengakomodir adanya perubahan yang terjadi setiap tahun, untuk bidang batubara meliputi komoditas batubara, gas metana batubara (GMB) dan gambut. Pada Tahun 2023, sumber daya GMB Indonesia adalah sebesar 68,98 Tcf.

**Kata kunci:** sumber daya, cadangan, energi, gas metana batubara

### PENDAHULUAN

Gas metana batubara (GMB) adalah gas hidrokarbon yang terbentuk secara alamiah dalam proses pembatubaraan (*coalification*). GMB terdapat dalam kondisi terperangkap dan terserap (terabsorpsi) pada permukaan pori batubara. Dibandingkan dengan batubara, GMB menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang jauh lebih sedikit, sehingga bersifat lebih ramah lingkungan. Dengan menurunnya cadangan migas konvensional dan adanya isu lingkungan terkait penggunaan dan pemanfaatan

batubara, pemanfaatan GMB diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada batubara dan juga migas konvensional.

Badan Geologi melalui Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) melakukan penyusunan dan pemutakhiran neraca sumber daya dan cadangan batubara untuk menginventarisasi dan juga memperbaharui data potensi kekayaan sumber daya batubara, GMB dan gambut. Data neraca sumber daya dan cadangan yang akurat dapat digunakan untuk mendukung berbagai kebijakan nasional

yang berhubungan dengan pengembangan dan pemanfaatan batubara, GMB dan gambut.

### **Sumber Data dan Evaluasi Data**

Data komoditas GMB berasal dari laporan penyelidikan PSDMBP dan rekapitulasi data sumber daya GMB badan usaha pemegang WK GMB yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (Ditjen Migas) dan SKK Migas. Data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan kriteria penambahan data baru atau pembaharuan data lama GMB.

### **METODOLOGI**

Sistematika pekerjaan yang dilakukan antara lain meliputi inventarisasi dan pengelompokan data, pengisian formulir isian basis data, pemasukan data dari formulir ke sistem basis data, verifikasi, integrasi data tekstual dan spasial menjadi sistem informasi geografis (SIG), *uploading* pada internet sistem *web-GIS*, dan *output* berupa tabel neraca dan peta (Gambar 1).

### **HASIL KEGIATAN**

Indonesia memiliki potensi GMB yang umumnya tersebar di Pulau Kalimantan dan Sumatra (Gambar 2). Kegiatan eksplorasi GMB telah dilakukan sejak awal tahun 2000-an yang tidak hanya dilakukan oleh pemerintah (diantaranya PSDMBP) tapi juga oleh

badan usaha. Tercatat sudah ada 16 lokasi penyelidikan GMB yang dilakukan oleh PSDMBP dan kegiatan eksplorasi badan usaha di 54 lokasi. Dari badan usaha, data yang tersedia untuk pembaruan adalah data hingga Desember 2023.

### **Klasifikasi dan Tabulasi Sumber daya Gas Metana Batubara**

Badan geologi melalui PSDMBP melakukan inventarisasi data dan informasi sumber daya GMB, untuk kemudian mengkarakterisasikannya. Data yang sudah dikelompokkan kemudian disusun dalam bentuk tabel neraca yang secara umum dipisahkan berdasarkan lokasi administratifnya. Dalam tabel sumber daya GMB, data yang ditabulasikan adalah data nama cekungan; lokasi keterdapatan; pelaksana kegiatan penyelidikan (pemerintah atau badan usaha); peringkat batubara; ketebalan batubara (meter); kedalaman lapisan batubara (meter); kandungan gas (scf/ton) dan sumber daya gas (Tcf).

### **Sumber Daya Gas Metana Batubara**

Hingga bulan Desember tahun 2023, total sumber daya GMB Indonesia adalah sebesar 68,98 Tcf. Tabel 1 menyajikan data sumber daya GMB yang dibuat per cekungan. Di Indonesia, eksplorasi gas metana batubara baru dilakukan di enam cekungan sedimen. Secara umum, Cekungan Kutai memiliki

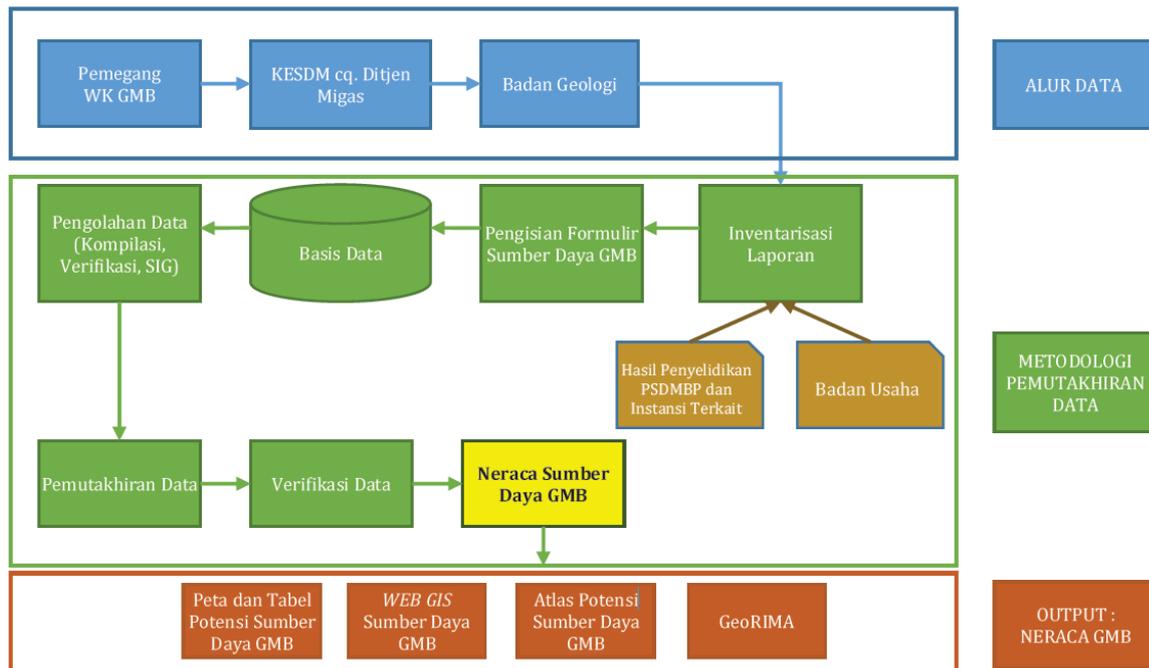
sumber daya GMB terbesar dibanding cekungan lainnya (29,31 Tcf), disusul oleh Cekungan Barito (18,522 Tcf) dan Cekungan Sumatera Selatan (12,597 Tcf). Sumber daya GMB nasional terdiri dari 0,15 Tcf hasil penyelidikan PSDMBP di 16 lokasi dan 68,993 Tcf hasil kegiatan eksplorasi di 54 WK GMB. Jumlah sumber daya GMB tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 2,25 Tcf apabila dibandingkan dengan sumber daya GMB tahun 2022. Perubahan jumlah sumber daya GMB pada tahun 2023 berasal dari Wilayah Muara Enim, Tanjung Enim dan Muralim berdasarkan dokumen terakhir yang didapatkan dari Ditjen Migas dan SKK Migas.

## KESIMPULAN

Pengusahaan GMB di Indonesia baru pada tahap eksplorasi, sehingga data yang tersedia masih dalam bentuk sumber daya dan belum ada data cadangan. Sumber daya GMB Indonesia hingga tahun 2023 adalah sebesar 68,993 Tcf hasil kegiatan eksplorasi di 54 WK GMB dan hasil eksplorasi PSDMBP. Secara umum, jumlah sumber daya GMB hasil kegiatan WK GMB lebih besar dibandingkan dengan jumlah sumber daya hasil kegiatan eksplorasi GMB yang dilakukan PSDMBP. Hal ini dikarenakan luas area kegiatan eksplorasi WK GMB jauh lebih besar dari cakupan wilayah penyelidikan PSDMBP.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tim Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. 2019. Laporan Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi. Bandung.
- Tim Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. 2022. Laporan Pemutakhiran data dan neraca Sumber daya energi. Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi. Bandung.
- PSDMBP, 2022, Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2022, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Bandung.



Gambar 1. Diagram alur data dan metodologi pemutakhiran sumber daya GMB



Gambar 2. Peta sebaran potensi gas metana batubara (GMB) Indonesia

Tabel 1. Sumber daya GMB Indonesia Status Status tahun 2023

Cekungan	Peringkat Batubara	Ketebalan Batubara (meter)	Kedalaman Batubara (meter)	Kandungan Gas (scf/ton)	Sumber Daya Gas (Tcf)	Cadangan (Tcf)
Sumatera Selatan	Lignit - Bituminus	1 - 46	0 - 794	0,69 - 150,53	12.597	0,215
Sumatera Tengah	Lignit	5	160 - 490	18 - 33	7.300	
Ombilin	<i>High Volatile</i> Bituminus	0,40 - 13,56	166 - 800	3,15 - 457,25	1.261	
Kutai	Sub-Bituminus - <i>High Volatile</i> Bituminus	0,50 - 20	150 - 1.500	0,61 - 315,5	29.310	
Berau	Sub-Bituminus - <i>High Volatile</i> Bituminus	1 - 9,60	305,60 - 494,35	0,61 - 19,89	0,003	
Barito	Lignit - <i>High Volatile</i> Bituminous B	0,30 - 45,39	0 - 1.100	0,16 - 231,94	18.522	
<b>TOTAL</b>					<b>68.993</b>	<b>0,215</b>



## EVALUASI DATA PERMUKAAN DAN BAWAH PERMUKAAN POTENSI ASPAL BUTON

**Feddi Ervianna, Fatimah, M. Abdurachman Ibrahim, Rahmat Hidayat,  
dan Eko Budi Cahyono**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Evaluasi data permukaan dan bawah permukaan potensi aspal Buton merupakan kegiatan yang bertujuan menyediakan data potensi aspal Buton yang dapat dijadikan model acuan untuk kegiatan selanjutnya. Data ini akan membantu dalam setiap interpretasi serta menambah tingkat keyakinan data dalam menentukan estimasi perhitungan atau penentuan sumberdaya aspal Buton sebagai bagian dari evaluasi teknis pada suatu wilayah prospek aspal Buton. Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah melakukan studi pustaka, pengolahan data, interpretasi dan penyusunan laporan.

Data eksplorasi yang berhasil dikumpulkan sebanyak 521 titik singkapan dan 490 titik bor mencakup 229 titik singkapan batuan yang mengandung aspal dan 209 titik bor terkonfirmasi memiliki potensi aspal baik berupa endapan atau rembesan. Seluruh data tersebut berada di Kabupaten Buton dan Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Interpretasi data sekunder menunjukkan bahwa potensi aspal dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) wilayah yaitu Blok Lasalimu, Blok Pasarwajo, dan Blok Sampolawa. Ketiga blok tersebut termasuk dalam tatanan Anjungan Tukangbesi-Buton dengan formasi pembawa bitumen padat dan aspal yaitu Formasi Tondo (Tmtc), Formasi Sampolakosa (Tmps), dan Formasi Wapulaka (Qpw). Data laboratorium dari 43 sampel menunjukkan kandungan minyak pada ketiga blok bervariasi mulai dari 0 liter/ton s.d. 330 liter/ton dengan kadar aspal berkisar dari 4,2% s.d. 40,8%. Karakteristik Aspal Buton (asbuton) pada Blok Lasalimu didominasi jenis asbuton butir B 50/30, sedangkan Blok Pasarwajo dan Blok Sampolawa didominasi jenis asbuton butir B 5/20. Kegiatan evaluasi ini menghasilkan modifikasi pola sebaran Sabuk Aspal Buton dengan area yang lebih luas dibandingkan hasil penyelidikan terdahulu.

**Kata kunci:** aspal, kandungan minyak, kadar aspal, sabuk aspal buton

### PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi aspal alam di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Namun demikian, penggunaan

aspal di Indonesia saat ini masih berasal dari aspal minyak. Salah satu penyebab minimnya pemanfaatan aspal alam di Pulau Buton dikarenakan sumber daya dan

cadangan aspal alam sebagaimana dimaksud belum teridentifikasi secara jelas sehingga diperlukan ketersediaan data dan informasi mengenai potensi sumber daya dan cadangan aspal di Indonesia.

Kebutuhan akan data potensi (sumber daya dan cadangan) aspal yang memadai menjadi penting di tengah rencana pemerintah untuk mengembangkan dan memanfaatkan aspal alam secara maksimal dalam pekerjaan pembangunan dan penanganan jalan yang merupakan bagian dari pelaksanaan kebijakan penggunaan produk dalam negeri.

Menjawab permasalahan tersebut maka sebagai langkah awal Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) melakukan evaluasi data permukaan dan bawah permukaan potensi Aspal Buton (asbuton). Kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan kompilasi data hasil kegiatan eksplorasi asbuton dari berbagai pelaku eksplorasi, baik Pemerintah maupun Badan Usaha. Tujuannya adalah untuk menyediakan data potensi asbuton yang dapat dijadikan model acuan untuk kegiatan selanjutnya.

## **METODOLOGI**

Metode yang digunakan pada kegiatan ini adalah melakukan studi pustaka dengan mempelajari literatur terkait aspal di Indonesia serta mencari dan mengumpulkan data sekunder, antara lain

data penyelidikan bitumen padat/aspal hasil kegiatan lapangan internal PSDMBP maupun data badan usaha yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara berupa laporan RKAB, laporan eksplorasi dan dokumen studi kelayakan badan usaha serta hasil analisis laboratorium sampel asbuton. Keberadaan aspal seringkali berasosiasi dengan bitumen padat. Oleh karena itu data bitumen padat turut disertakan pula pada evaluasi ini.

Data geosain yang sudah dikumpulkan kemudian dipilah dan dikelompokkan berdasarkan parameter evaluasi awal potensi aspal yang telah dibuat oleh tim antara lain: formasi pembawa aspal, data singkapan, data pengeboran, dan analisis laboratorium. Data hasil evaluasi ini nantinya menjadi dasar untuk mengidentifikasi lokasi, pola sebaran dan karakteristik aspal yang ada.

## **GEOLOGI REGIONAL**

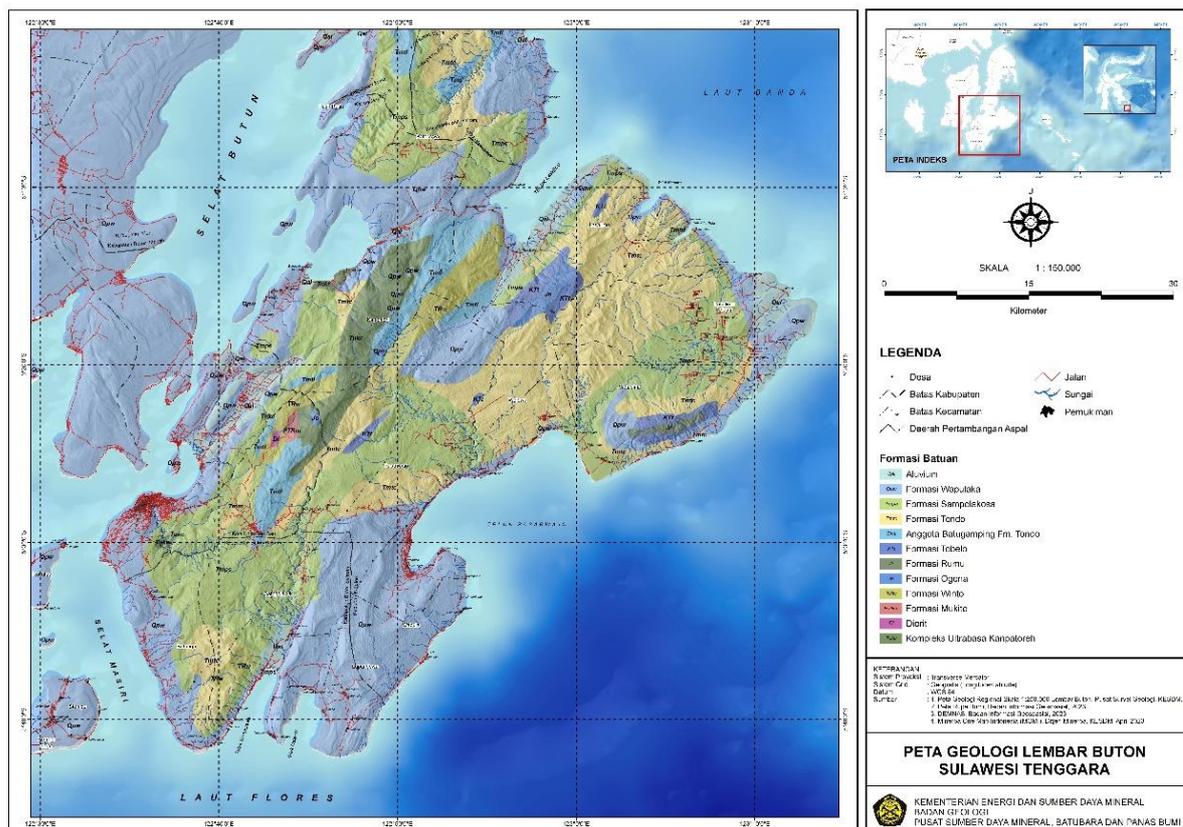
Pulau Buton telah lama dikenal sebagai daerah penghasil aspal alam yang terdapat di Indonesia. Pulau Buton merupakan satu bagian dari Kepulauan Tukangbesi–Buton dimana para ahli geologi berpendapat bahwa Kepulauan Tukangbesi–Buton ini sering bersentuhan dengan Mandala Sulawesi Timur.

Mandala Sulawesi Timur terdiri dari gabungan batuan ultramafik, mafik dan malihan. Sedangkan Kepulauan Tukangbesi–Buton disusun oleh kelompok

batuan sedimen pinggiran benua serta oleh batuan malihan berumur Permo-Karbon sebagai batuan alasnya. Menurut penyelidik terdahulu yaitu Sikumbang, dkk. (1995), Pulau Buton telah mengalami beberapa kali proses tektonik yang dimulai sejak pra-Eosen. Pola tektonik yang terdapat di pulau Buton sukar untuk ditentukan yang disebabkan oleh seluruh batuan telah mengalami beberapa kali perlipatan dan penyesaran.

Gerak tektonik utama yang membentuk pola struktur hingga sekarang diperkirakan terjadi pada Eosen-Oligosen

yang membentuk struktur imbrikasi berarah timurlaut-baratdaya. Tektonik ini kemungkinan menyebabkan pula terjadinya sesar mendatar antara Buton Utara dan Buton Tengah sepanjang Bubu-Matewe yang diperkirakan berhubungan dengan sesar mendatar Palu-Koro. Kegiatan tektonik berikutnya terjadi antara Pliosen-Plistosen yang mengakibatkan terlipatnya batuan pra-Pliosen. Gambar 1 memperlihatkan kondisi geologi Pulau Buton sebagai akibat dari berbagai proses tektonik yang telah terjadi.



**Gambar 1.** Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara  
 (N.Sikumbang, P. Sanyoto, R.J.B. Supandjono, dan Gafoer, 1995)

Stratigrafi Pulau Buton tersusun oleh kelompok batuan Mesozoikum dan Kenozoikum. Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Akhir bahkan hingga Paleosen (Pra-Tersier), sedangkan kelompok batuan Kenozoikum berumur Tersier dan Kuartar. Menurut Arifin dan Naibaho (2015), penyebaran batuan Mezoikum terdapat di bagian utara Pulau Buton sekitar daerah Kalisusu serta di Buton Selatan sekitar aliran Sungai Mukito, sedangkan kelompok Kenozoikum didominasi oleh batugamping terumbu yang tersebar di bagian selatan dan tengah Pulau Buton.

Menurut Davidson (1991), Kelompok batuan Mesozoikum terdiri atas Formasi Winto, Formasi Ogena, Formasi Rumu, dan Formasi Tobelo yang diendapkan dari Trias hingga Kapur Akhir bahkan hingga Paleosen. Kelompok batuan sedimen yang termasuk Kenozoikum kemudian menutupi sebagian besar Pulau Buton yang terdiri atas Formasi Tondo, Formasi Sampolakosa, dan Formasi Wapulaka yang diendapkan pada Miosen Awal hingga Plistosen. Gambar 2 memperlihatkan urutan kelompok batuan yang terdapat di Pulau Buton.

Formasi Winto merupakan formasi tertua yang tersingkap di daerah Buton Selatan, berumur Trias Akhir memiliki ciri litologi terdiri atas perselingan serpih, batupasir, konglomerat dan batugamping, mengandung sisa tumbuhan, kayu

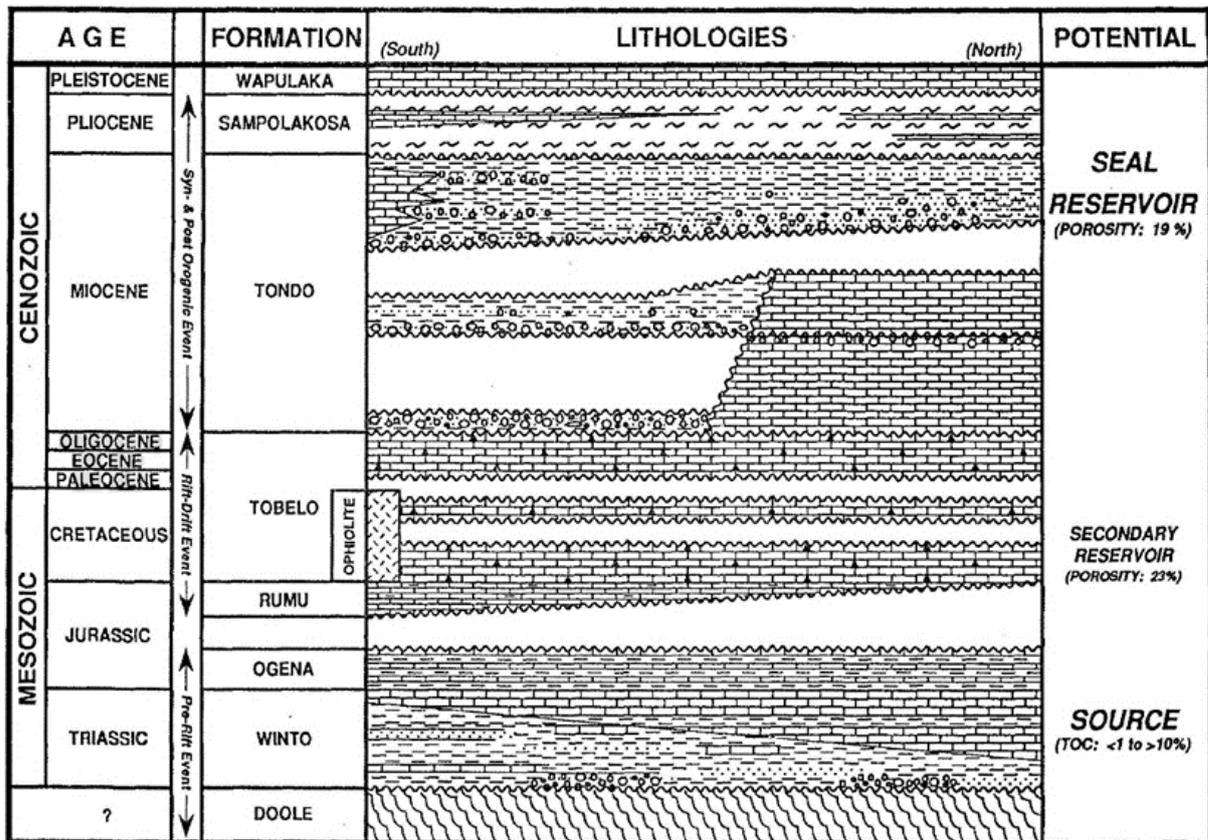
terarangkan dan sisipan tipis batubara dengan lingkungan pengendapan neritik tengah hingga neritik luar.

Formasi Ogena, berumur Yura Awal, terdiri atas batugamping berlapis baik, berwarna kelabu dan ungu muda serta sisipan napal yang diendapkan dalam lingkungan laut dalam.

Formasi Rumu terdiri atas kalsilitit, napal, batulumpur dan kalkarenit, berumur Yura Akhir dan hanya ditemukan di sekitar Gunung Rumu dengan lingkungan pengendapan laut dalam.

Formasi Tobelo terdiri atas kalsilitit/mikrit dengan warna putih kekuningan, kelabu terang hingga coklat muda, berlapis baik dan di beberapa tempat terdapat lapisan atau konkresi rijang. Formasi ini berumur Kapur Akhir hingga Paleosen.

Formasi Tondo terdiri atas konglomerat, batupasir kerikilan, batupasir dengan sisipan batulanau dan perselingan batupasir, batulanau dan batulempung. Bagian bawah formasi terdiri dari batugamping terumbu yang dikenal sebagai Anggota Batugamping Formasi Tondo. Kedua satuan batuan ini diperkirakan mempunyai hubungan stratigrafi menjemari yang berumur Miosen dan diendapkan pada lingkungan neritik hingga batial bawah. Formasi Tondo mempunyai hubungan tidak selaras dengan formasi di bawahnya yaitu Formasi Winto, Formasi Ogena, Formasi Rumu, dan Formasi Tobelo.



Gambar 2. Stratigrafi regional Pulau Buton (Davidson, 1991)

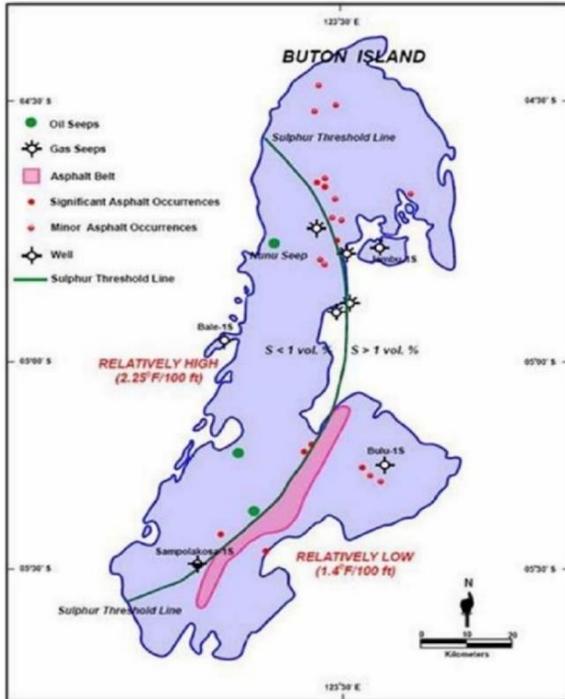
Formasi Sampolakosa terletak selaras di atas Formasi Tondo, dengan batuan penyusunnya terdiri atas napal, berlapis tebal sampai masif, sisipan kalkarenit pada bagian tengah dan atas formasi, berumur Miosen Akhir s.d. Pliosen Awal yang diendapkan dalam lingkungan neritik s.d. batial.

Formasi Wapulaka terendapkan secara selaras di atas Formasi Sampolakosa, namun pada beberapa bagian menunjukkan hubungan tidak selaras. Batuan penyusunnya terdiri atas batugamping terumbu ganggang dan koral, memperlihatkan undak-undak pantai purba dan topografi karst, endapan hancuran terumbu, batukapur, batugamping pasiran,

batupasir gampingan, batulempung dan napal kaya foraminifera plankton. Formasi ini berumur Plistosen yang diendapkan dalam lingkungan laguna s.d. litoral.

Endapan aspal terdapat pada seluruh satuan stratigrafi Trias hingga Pliosen, namun sebagian besar melimpah pada batuan pengemas foraminifera Pliosen Formasi Sampolakosa dan batupasir serta konglomerat dari Formasi Tondo Miosen yang mendasarinya. Satyana, dkk. (2013) menyatakan bahwa keberadaan endapan aspal terdapat di bagian utara dan selatan pulau. Konsentrasi utama terjadi di jalur berarah NNE-SSW di bagian selatan pulau. Di sini endapan aspal terbesar terdapat di ujung

selatan pulau dalam jalur sepanjang 50 km x 10 km antara Lawele dan Sampolawa (Gambar 3).



**Gambar 3.** Sabuk Aspal yang terdapat di bagian Selatan Pulau Buton (Satyana, dkk., 2013)

Endapan aspal yang ada di pulau Buton merupakan bukti adanya sistem perminyakan yang aktif atau pernah aktif sebelumnya. Minyak yang dihasilkan bermigrasi baik secara vertikal maupun horisontal mengisi celah-celah yang kosong dan lemah dan kemudian terperangkap. Namun karena adanya aktivitas tektonik aktif, segel perangkap tersebut rusak atau terkikis, sehingga reservoir dengan akumulasi minyak terkena pembilasan air meteorik dan/atau biodegradasi, sehingga menghasilkan endapan aspal (Satyana dkk., 2013).

## HASIL KEGIATAN

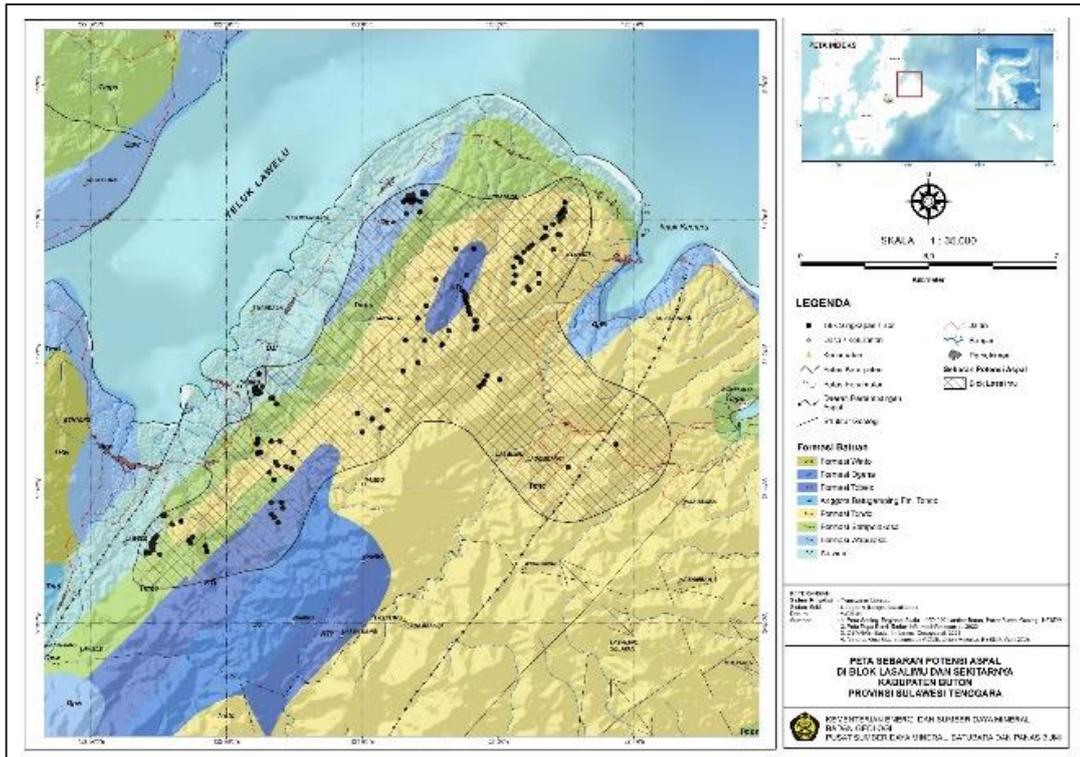
### Klasifikasi dan Sebaran Aspal Buton

Kompilasi data singkapan, data pengeboran dan data laboratorium menghasilkan peta potensi asbuton yang terbagi menjadi 3 blok, yaitu Blok Lasalimu, Blok Pasarwajo dan Blok Sampolawa. Berikut penjelasan setiap blok:

#### 1. Blok Lasalimu.

Delineasi sebaran potensi aspal pada blok ini (Gambar 4) berasal dari 91 data singkapan batuan dan 108 data pengeboran yang terkonfirmasi terdapat lapisan/ rembesan aspal.

Keterdapatn batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok Lasalimu umumnya berada di Formasi Tondo, Sampolakosa dan sebagian kecil di Formasi Wapulaka, Tobelo, Ogena, dan Aluvium. Data hasil analisis *retort* batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal menunjukkan kandungan air mulai dari 6 liter/ton s.d. 160 liter/ton dan kandungan minyak mulai dari 0 liter/ton s.d. 254 liter/ton. Hasil analisis proksimat dalam basis adb (*air dried basis*) menunjukkan kadar abu (*ash*) mulai dari 34,38% s.d 79,02%, kadar air (*Moisture / M*) 0,73% s.d 11,61%, kadar zat terbang (*Volatile Matter / VM*) mulai dari 12,19% s.d. 50,46%, dan kadar karbon tertambat (*Fixed Carbon / FC*) mulai dari 0,20% s.d. 0,22%. eberapa sampel memiliki kadar FC di bawah limit deteksi.



Gambar 4. Sebaran Potensi Aspal di Blok Lasalimu

Selain itu terdapat juga hasil analisis ultimat dalam basis daf (*dry ash free*) yang menunjukkan kandungan unsur karbon (20,74% s.d. 57,64%), unsur hidrogen (1,08% s.d. 8,79%), unsur oksigen (0,06% s.d. 50,49%), unsur nitrogen (0,24% s.d. 69,04%), dan unsur sulfur (1,00% s.d. 4,57%).

Analisis petrografi organik menunjukkan nilai reflektansi vitrinit 0,21% s.d. 0,51%. Beberapa sampel nilai reflektansi vitrinitnya tidak terdeteksi.

Kadar aspal pada blok ini berkisar dari 4,20% s.d. 40,80%, kadar air pada aspal berkisar dari 0,50% s.d. 19,00%, nilai penetrasi aspal berkisar dari 0 dmms s.d. 152 dmms, titik lembek aspal berkisar dari 0°C s.d. 84,0°C, daktilitas aspal berkisar dari 0 cm s.d. 23,80 cm namun beberapa

sampel memiliki nilai daktilitas >140 cm. Sedangkan berat jenis aspal berkisar dari 0 gram/cm<sup>3</sup> s.d. 1,10 gram/cm<sup>3</sup>. Tabel 1 memperlihatkan karakteristik batuan berpotensi bitumen padat dan aspal di Blok Lasalimu.

Tabel 1. Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok Lasalimu

No	Parameter	Satuan	Basis	Kisaran Nilai	Rata - Rata	
1	Refer	Kandungan Air	liter/ton	6 - 160	43,92	
2				Kandungan Minyak	0 - 254	148,77
3	Proksimat	Air (M)	%	adb	0,73 - 11,61	4,69
4		Zat Terbang (VM)			12,19 - 50,46	40,04
5		Abu (Ash)			34,38 - 79,02	54,55
6		Karbon Tertambat (FC)			0,01 - 0,22	0,06
7	Total Sulfur (TS)			0,20 - 1,47	0,66	
8	Ultimat	Karbon (C)	%	daf	20,74 - 57,64	45,79
9		Hidrogen (H)			1,08 - 8,79	3,79
10		Nitrogen (N)			0,24 - 69,04	21,82
11		Oksigen (O)			0,06 - 50,49	26,75
12		Sulfur (S)			1,00 - 4,57	1,85
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrinit	%		0,21 - 0,51	0,11
14	Berat Jenis Batuan		gram/cm <sup>3</sup>	0,00 - 2,42	0,87	
15	Kadar Aspal		%	5,50 - 31,60	21,79	
16	Kadar Air		%	0,50 - 19,00	1,91	
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm		dmm	0 - 152	48,09	
18	Titik Lembek Aspal		°C	0 - 85,10	52,73	
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit		cm	0 - 23,80	5,06	
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C		gram/cm <sup>3</sup>	0 - 1,10	0,20	

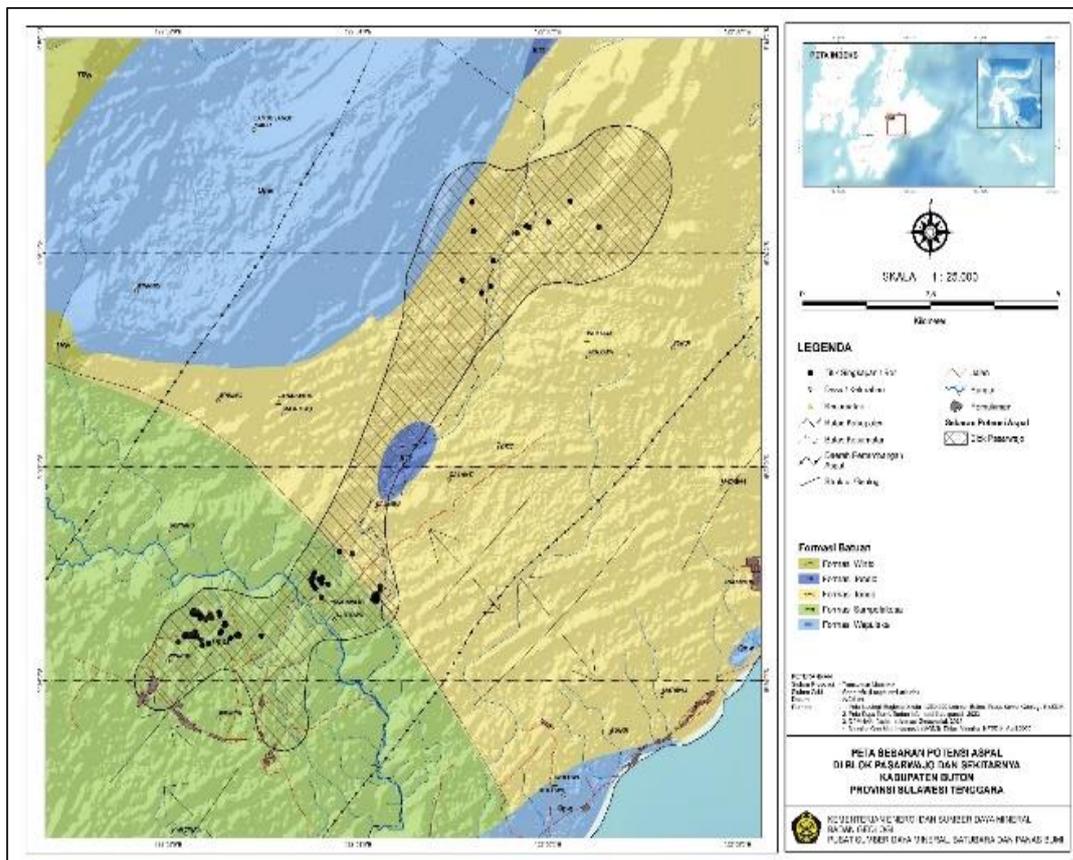
2. Blok Pasarwajo.

Delineasi sebaran potensi aspal pada blok ini (Gambar 5) berasal dari 86 data singkapan batuan dan 101 data pengeboran yang terkonfirmasi terdapat lapisan/ rembesan aspal.

Keterdapatan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok Pasarwajo umumnya berada di Formasi Tondo, Sampolakosa dan sebagian kecil di Formasi Wapulaka dan Tobelo. Analisis *retort* batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal menunjukkan kandungan air mulai dari 10 liter/ton s.d. 90 liter/ton dengan kandungan minyak mulai dari 170 liter/ton s.d. 330 liter/ton. Analisis proksimat dalam basis

adb menunjukkan kadar abu (*ash*) berkisar dari 39,33% s.d 55,46%, kadar air (M) berkisar dari 1,10% s.d 10,16%, dan kadar zat terbang (VM) berkisar dari 43,44% s.d. 57,72%. Sedangkan kadar karbon tertambat (FC) berada di bawah limit deteksi.

Data lainnya berupa hasil analisis ultimat dalam basis daif menunjukkan kandungan unsur karbon berkisar dari 53,98% s.d. 62,14%, unsur hidrogen berkisar dari 1,41% s.d. 5,47%, unsur oksigen berkisar dari 30,52% s.d. 43,11%, unsur nitrogen berkisar dari 0,35% s.d. 1,19%, dan unsur sulfur berkisar dari 1,12% s.d. 2,11%.



Gambar 5. Sebaran Potensi Aspal di Blok Pasarwajo

Terdapat pula data komposisi maseral yang menunjukkan kandungan vitrinit dari 5 sampel berkisar dari 0,2% s.d. 1,8%. Sementara data kandungan inertinit hanya dijumpai pada 1 sampel yaitu sebesar 0,8%. Data kandungan liptinit juga hanya 1 sampel dengan nilai sebesar 0,2%.

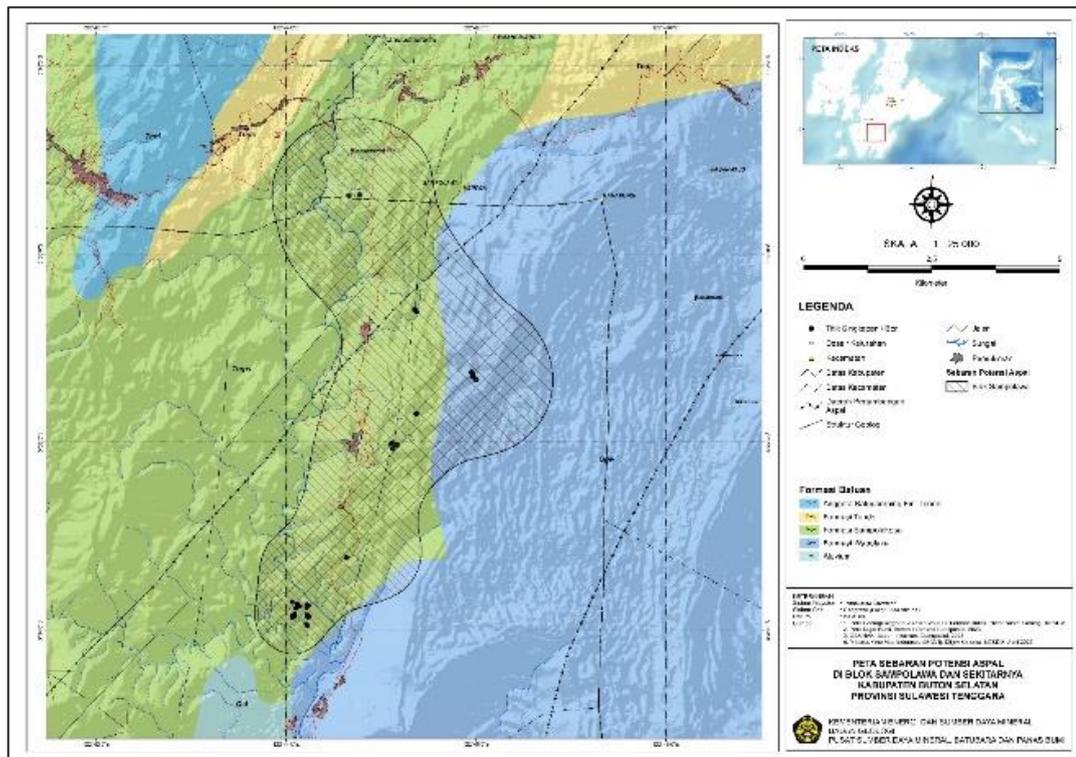
Data kualitas aspal menunjukkan kadar aspal berkisar dari 21,40% s.d. 40,80%, kadar air pada aspal berkisar dari 0,5% s.d. 1,3%, nilai penetrasi aspal berkisar dari 0 dmms s.d. 152 dmms, titik lembek aspal berkisar dari 42°C s.d. 84°C, dan daktilitas aspal bernilai >140 cm. Tabel 2 menyajikan ringkasan karakteristik batuan berpotensi aspal di Blok Pasarwajo.

**Tabel 2.** Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok Pasarwajo

No	Parameter	Satuan	Basis	Kisaran Nilai	Rata - Rata	
1	Rerort	liter/ton		10 - 90	27,50	
2				Kandungan Minyak	170 - 330	249,50
3	Proksimat	%	adb	Air (M)	1,10 - 10,16	4,37
4				Zat Terbang (VM)	43,44 - 57,72	51,05
5				Abu (Ash)	39,33 - 55,46	44,58
6				Karbon Tertambat (FC)	<LD	#DIV/0!
7	Total Sulfur (TS)			0,51 - 1,10	0,78	
8	Ulmat	%	daf	Karbon (C)	53,98 - 62,14	59,03
9				Hydrogen (H)	1,41 - 5,47	4,14
10				Nitrogen (N)	0,35 - 1,27	0,67
11				Oksigen (O)	30,52 - 43,11	34,65
12				Sulfur (S)	1,12 - 2,11	1,51
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrinit	%	-	0,00	
14	Berat Jenis Batuan	gram/cm <sup>3</sup>		0	0,00	
15	Kadar Aspal	%		21,40 - 40,80	31,54	
16	Kadar Air	%		0,50 - 1,30	0,90	
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm	dmms		0 - 152	22,30	
18	Titik Lembek Aspal	°C		42,00 - 84,00	69,58	
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit	cm		0 - 2,00	0,36	
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C	gram/cm <sup>3</sup>		0	0,00	

### 3. Blok Sampolawa.

Delineasi sebaran potensi aspal (Gambar 6) hanya berasal dari 110 data singkapan batuan yang mengandung aspal.



**Gambar 6.** Sebaran Potensi Aspal di Blok Sampolawa

Ketersediaan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok Sampolawa umumnya berada di Formasi Sampolakosa dan sebagian kecil di Formasi Wapulaka. Analisis *retort* batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal menunjukkan kandungan air berkisar dari 80 liter/ton s.d. 140 liter/ton dan kandungan minyak berkisar dari 80 liter/ton s.d. 250 liter/ton. Analisis proksimat dalam basis adb menunjukkan kadar abu (*ash*) berkisar dari 39,11% s.d 50,50%, kadar air (M) berkisar dari 0,23% s.d 12,63%, kadar zat terbang (VM) berkisar dari 39,56% s.d. 55,87%, dan kadar karbon tertambat (FC) berkisar dari 0,01% s.d. 2,83% namun terdapat beberapa sampel memiliki kadar FC di bawah limit deteksi.

Selain itu, terdapat juga hasil analisis ultimat dalam basis daf yang menunjukkan kandungan unsur karbon berkisar dari 40,22% s.d. 58,03%, unsur hidrogen berkisar dari 3,01% s.d. 5,99%, unsur oksigen berkisar dari 0,12% s.d. 45,16%, unsur nitrogen berkisar dari 0,35% s.d. 54,58%, dan unsur sulfur berkisar dari 0,84% s.d. 4,86%.

Data petrografi organik beberapa sampel menunjukkan nilai reflektansi vitrinit 0,26% s.d. 0,31%. Namun beberapa sampel lainnya tidak menunjukkan nilai reflektansi vitrinit. Komposisi maseral beberapa sampel menunjukkan kandungan vitrinit berkisar dari 0,2% s.d. 1,8%, inertinit sebesar 0,8% dan liptinit sebesar 0,2%.

Terdapat juga data kualitas aspal yang menunjukkan kadar aspal berkisar dari 4,20% s.d. 31,60%, kadar air pada aspal berkisar dari 0,9% s.d. 19,00%, nilai penetrasi aspal berkisar dari 0 dmms s.d. 4 dmms, titik lembek aspal berkisar dari 0°C s.d. 85,10°C, dan daktilitas aspal berkisar dari 0 cm s.d. 0,50 cm walaupun beberapa sampel memiliki nilai daktilitas >140 cm, serta berat jenis aspal berkisar dari 0 gram/cm<sup>3</sup> s.d. 1,10 gram/cm<sup>3</sup>. Ringkasan karakteristik batuan berpotensi aspal pada Blok Sampolawa disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok Sampolawa

No	Parameter	Satuan	Basis	Kisaran Nilai	Rata - Rata	
1	Retort	liter/ton		Kandungan Air	0 - 140	31,13
2				Kandungan Minyak	80 - 250	148,46
3	Proksimat	%	adb	Air (M)	0,23 - 12,63	3,38
4				Zat Terbang (VM)	39,56 - 55,87	50,45
5				Abu (Ash)	39,11 - 50,50	45,89
6				Karbon Tertambat (FC)	0,01 - 2,83	0,36
7	Total Sulfur (TS)			0,35 - 2,69	1,29	
8	Ultimat	%	daf	Karbon (C)	40,22 - 58,03	48,47
9				Hidrogen (H)	3,01 - 5,99	4,32
10				Nitrogen (N)	0,35 - 54,58	37,32
11				Oksigen (O)	0,12 - 45,16	7,45
12				Sulfur (S)	0,84 - 4,86	2,45
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrinit	%	0,26 - 0,31	0,28	
14	Berat Jenis Batuan	gram/cm <sup>3</sup>		0 - 2,4	1,74	
15	Kadar Aspal	%		4,20 - 31,60	20,06	
16	Kadar Air	%		0,90 - 19	7,57	
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm	dmm		0 - 4	2,00	
18	Titik Lembek Aspal	°C		0 - 85,10	54,00	
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit	cm		0 - 0,50	0,32	
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C	gram/cm <sup>3</sup>		0 - 1,10	1,10	

### Jenis Asbuton

Pengelompokkan jenis aspal Buton mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 18/PRT/M/2018 tentang Penggunaan Aspal Buton untuk Pembangunan dan Preservasi Jalan (Permen PUPR). Pada Blok Lasalimu, terdapat data kualitas aspal dari 9 sampel. Mengacu kepada Permen PUPR, 5 (lima)

sampel tersebut dapat dikategorikan pada jenis asbuton butir B 50/30 dengan nilai penetrasi aspal buton 66 dmm - 135 dmm dan kadar aspal 24,8% - 27,7%, sedangkan 3 (tiga) sampel lainnya termasuk dalam jenis asbuton butir B 5/20 dengan nilai penetrasi aspal buton 0 dmm - 34 dmm dan kadar aspal 19% - 22,5%. Sementara 2 sampel sisanya tidak dapat dikategorikan sesuai Permen PUPR dikarenakan kadar aspalnya hanya berkisar dari 5,5% s.d. 5,6% dengan nilai penetrasi berkisar dari 0 dmm s.d. 3 dmm.

Pada Blok Pasarwajo, terdapat 10 (sepuluh) data kualitas aspal, 9 sampel termasuk dalam jenis asbuton butir B 5/20 dengan nilai penetrasi aspal buton 0 dmm – 30 dmm dan kadar aspal 21,4% - 40,8%, sedangkan 1 sampel termasuk dalam jenis asbuton butir B 50/30 dengan nilai penetrasi aspal Buton 152 dmm dan kadar aspal 28,83%.

Sementara pada Blok Sampolawa, terdapat 6 (enam) sampel termasuk dalam jenis asbuton butir B 5/20 dengan nilai penetrasi aspal buton berkisar dari 0 dmm s.d. 4 dmm dan kadar aspal 4,20% - 31,60%. Tabel 4 memperlihatkan kualitas aspal pada ketiga blok.

Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memiliki nilai tinggi berada di Blok Pasarwajo yang berkisar dari 21,4% s.d. 40,8% sedangkan kadar aspal bernilai rendah berada di Blok Lasalimu yang berkisar dari 5,50% s.d. 31,60%. Delineasi

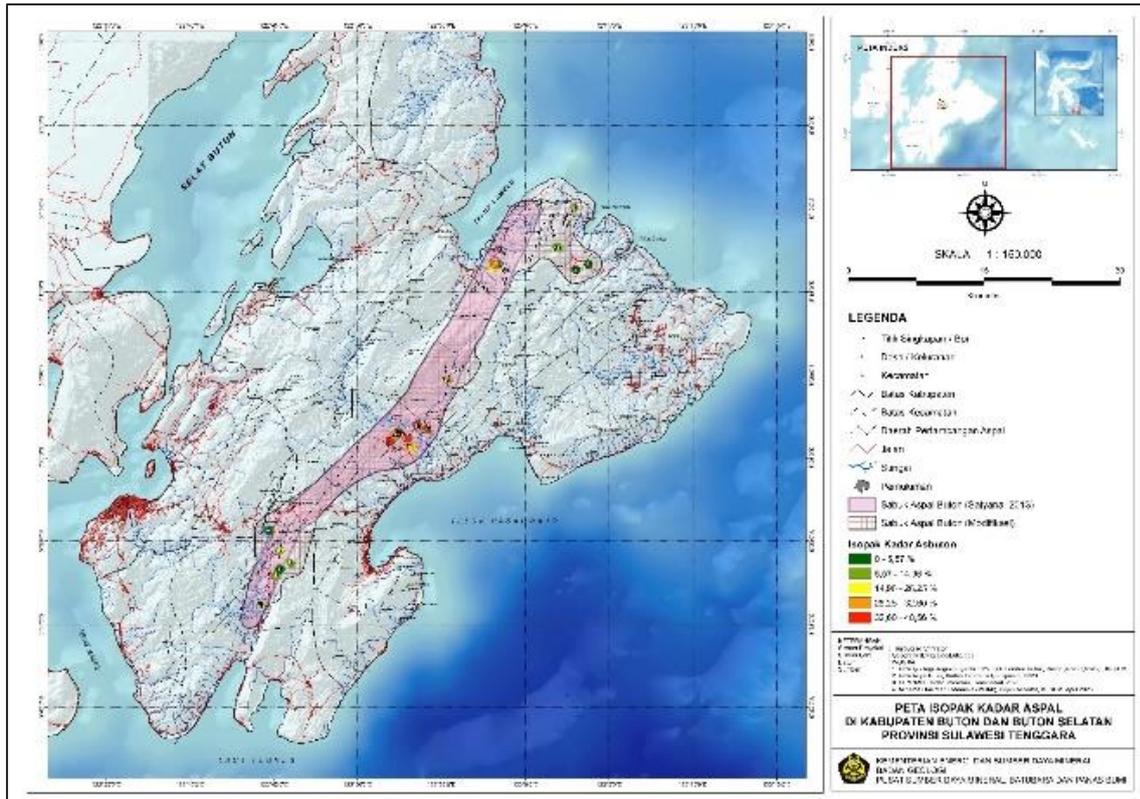
kadar aspal buton dapat dilihat pada Gambar 7.

**Tabel 4.** Jenis Asbuton mengacu pada Peraturan Menteri PUPR no. 18/PRT/M/2018

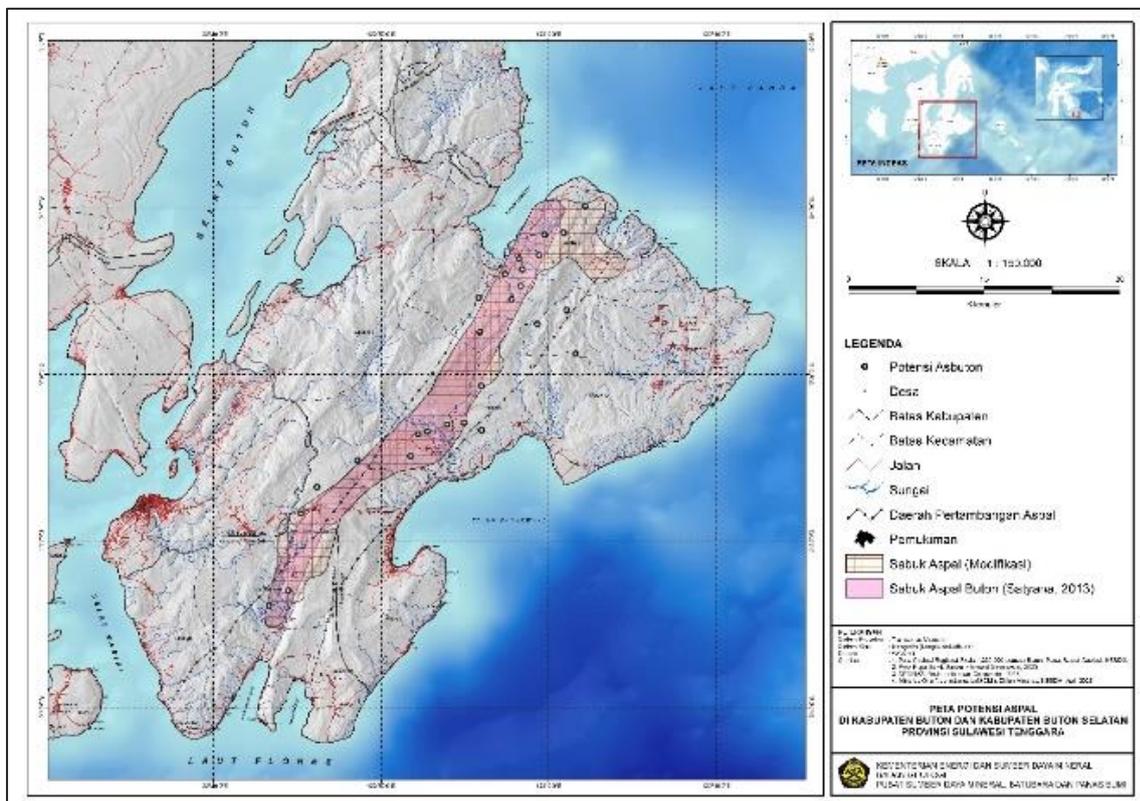
No.	Kode Sampel	Kadar Aspal (%)	Penetrasi Aspal Asbuton	Jenis Asbuton Butir	Wilayah Pengambilan Sampel
1	WKB_01	27,0	77,0	B 50/30	Lasalimu
2	WKB_02	27,4	66,0	B 50/30	Lasalimu
3	WKB_03	27,7	77,0	B 50/30	Lasalimu
4	WKB_04	21,2	34,0	B 5/20	Lasalimu
5	PCJ_01	19,0	0,0	B 5/20	Lasalimu
6	PCJ_02	22,5	7,0	B 5/20	Lasalimu
7	KMB_01	24,8	135,0	B 50/30	Lasalimu
8	KMB_02	27,4	126,0	B 50/30	Lasalimu
9	BT-25	5,60	0,00	-	Lasalimu
10	BT-26	5,50	3,00	-	Lasalimu
11	WKA_01	30,8	5,0	B 5/20	Pasarwajo
12	WKA_02	35,5	7,0	B 5/20	Pasarwajo
13	WKA_03	36,4	0,0	B 5/20	Pasarwajo
14	WKA_04	32,3	0,0	B 5/20	Pasarwajo
15	WKA_05	23,3	30,0	B 5/20	Pasarwajo
16	WKA_06	40,8	0,0	B 5/20	Pasarwajo
17	WKA_07	21,4	29,0	B 5/20	Pasarwajo
18	YJT_01	32,8	0,0	B 5/20	Pasarwajo
19	PB_01	33,3	0,0	B 5/20	Pasarwajo
20	PBJ_01	28,83	152,00	B 50/30	Pasarwajo
21	KCP_01	20,53	3,00	B 5/20	Sampolawa
22	KCP_02	21,60	3,00	B 5/20	Sampolawa
23	TBT-03	31,60	4,00	B 5/20	Sampolawa
24	BT-09	25,20	0,00	B 5/20	Sampolawa
25	BT-10	17,20	2,00	B 5/20	Sampolawa
26	BT-37	4,20	0,00	B 5/20	Sampolawa

## Kompilasi Data Geologi dan Data Kualitas

Berdasarkan hasil evaluasi data geologi dan data kualitas aspal, terdapat perbedaan interpretasi sebaran sabuk aspal Buton hasil Tim evaluasi dengan hasil penyelidikan terdahulu. Satyana (2013) menyebutkan bahwa keberadaan endapan aspal di bagian selatan pulau membentuk jalur sepanjang 50 km x 10 km antara Lawele hingga Sampolawa (Gambar 3). Sementara hasil evaluasi menunjukkan sebaran endapan aspal Buton ini lebih meluas ke arah tenggara dari sabuk aspal Buton sebelumnya. Sebaran sabuk aspal hasil evaluasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Isopach Kadar Aspal di Kabupaten Buton dan Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara



Gambar 8. Peta Sabuk Aspal Buton setelah dimodifikasi berdasarkan hasil evaluasi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Potensi aspal dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) wilayah yaitu: Blok Lasalimu, Blok Pasarwajo, dan Blok Sampolawa. Ketiga blok tersebut termasuk dalam wilayah Anjungan Tukangbesi-Buton dengan formasi pembawa bitumen padat dan aspal adalah: Formasi Tondo (Tmtc), Formasi Sampolakosa (Tmps), dan Formasi Wapulaka (Qpw).
2. Blok Lasalimu didominasi jenis asbuton butir B 50/30, Blok Pasarwajo didominasi jenis asbuton butir B 5/20, dan Blok Sampolawa jenis asbuton butir B 5/20.
3. Kegiatan evaluasi menghasilkan modifikasi Sabuk Aspal Buton dengan area yang lebih luas dibandingkan penyelidikan terdahulu.

### Saran

Data yang digunakan pada kegiatan evaluasi ini sebagian besar merupakan data lama. Hal tersebut mengakibatkan data geologi dan kualitas data beberapa badan usaha cukup rendah. Oleh karena itu, badan usaha perlu melakukan kegiatan eksplorasi lanjutan dan rekonsiliasi data eksplorasi yang valid dengan Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral sehingga diharapkan data potensi aspal buton semakin komprehensif dan tingkat keyakinan semakin tinggi.

Perlu adanya penambahan data eksplorasi badan usaha lainnya untuk dilakukan evaluasi lanjutan guna mempermudah deliniasi arah sebaran aspal buton dan penghitungan sumber daya dan cadangan aspal di Kabupaten Buton dan Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, L dan Naibaho, T (2015): Struktur geologi di perairan Pulau Buton Selatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- Davidson, J.W., 1991, The geology and prospectivity of Buton Island, S.E. Sulawesi, Indonesia, Proceedings of Indonesian Petroleum Association, 20th Annual Convention, p. 209-233.
- Satyana, Awang. H., dkk (2013): Revisit geology and geochemistry of Buton asphalt deposits, SE Sulawesi: Implications for petroleum exploration of Buton area, *Proceeding, Indonesia Petroleum Association, Thirty-Seventh Annual Convention & Exhibition, May 2013*
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R., P., B., Gafoer, S. (1995): *Peta Geologi Lembar Buton skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.



## EVALUASI POTENSI LOGAM TANAH JARANG, *VALUABLE AND TRACE ELEMENTS* DALAM BATUBARA DAN ABU BATUBARA

Soleh Basuki Rahmat, Fatimah, Muhammad Abdurachman Ibrahim, Rahmat Hidayat,  
dan Eko Budi Cahyono

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara  
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

*Rare Earth Element and Yttrium* atau Logam Tanah Jarang (LTJ) adalah kelompok unsur logam yang termasuk ke dalam golongan transisi atau kelompok kimia *lanthanida*, ditambah dengan *scandium* dan *yttrium*. Secara umum, LTJ di dunia dapat dijumpai pada berbagai jenis deposit antara lain pada batuan beku perarkalin, deposit *iron-oxide-copper-gold*, intrusi batuan beku pegmatit, batuan metamorf, tanah lapukan batuan yang kaya akan besi dan aluminium, sebagai endapan letakan (*placer*) serta tipe ion-absorbtion. Alternatif deposit LTJ juga dapat ditemukan di batubara, terutama terkonsentrasi lebih baik pada abu batubara. Indonesia sebagai negara yang memiliki deposit batubara yang cukup besar perlu untuk mengidentifikasi adanya potensi LTJ dari batubara. Untuk itu dilakukan penyelidikan untuk penyiapan data dan informasi terkait potensi LTJ, *valuable* dan *trace elements* dalam batubara dan abu batubara (*fly ash bottom ash / FABA*) di Indonesia. Metode penyelidikan yang digunakan adalah dengan melakukan pengambilan sampel batubara di lokasi yang diduga mengalami pengkayaan kandungan LTJ. Sampel batubara dan abu batubara dikirimkan ke laboratorium ALS di Kanada untuk dianalisis kandungan potensi LTJ, *valuable* dan *trace elements*. Hasil penyelidikan menunjukkan konsentrasi total LTJ pada FABA berkisar dari 82,37 ppm hingga 254,58 ppm sedangkan konsentrasi total LTJ pada batubara asal berkisar dari 2,57 ppm hingga 16,25 ppm. Konsentrasi total LTJ yang terkandung pada FABA mengalami pengayaan sekitar 10-15 kali lipat dibanding pada batubara asalnya. Konsentrasi REO pada FABA berkisar dari 99,44 ppm hingga 307,40 ppm. Keseluruhan nilai persentase *critical LTJ* pada sampel FA berada di atas 30% dan memiliki nilai  $C_{out} > 1,0$ . Sampel FA dari PLTU yang diteliti termasuk dalam kluster II sebagai *promising raw material LTJ*. Berdasarkan perhitungan CC pada sampel batubara untuk *trace* dan *valuable elements*, menunjukkan bahwa sebagian besar unsur jejak pada sampel termasuk ke dalam kategori *normal* ( $0,5 < CC < 2$ ) dan *depleted* ( $CC < 0,5$ ). Meskipun berdasarkan individu sampel batubara, terdapat tiga sampel batubara yang terkategori sebagai *slightly enriched* ( $2 < CC < 5$ ). Sampel tersebut mengalami pengayaan berupa unsur Sn sebesar 2,15. Sedangkan sampel lainnya mengalami pengayaan berupa unsur V sebesar 2,23, Sc sebesar 2,27 dan W

sebesar 2,42. Hal tersebut menunjukkan bahwa batubara di daerah evaluasi kurang mendapatkan pengayaan untuk *trace* dan *valuable elements*-nya.

**Kata kunci:** batubara, abu batubara, Logam Tanah Jarang (LTJ), *trace and valuable elements*

## PENDAHULUAN

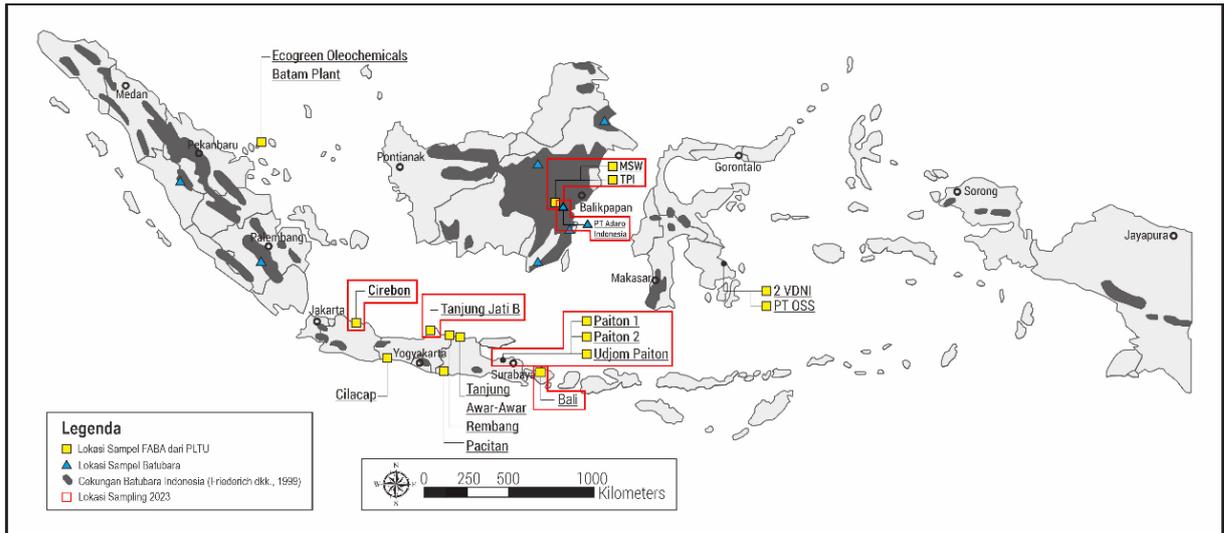
*Rare Earth Element and Yttrium* atau Logam Tanah Jarang (REY/LTJ) adalah kelompok unsur logam yang termasuk ke dalam golongan transisi atau kelompok kimia *lanthanida*, ditambah dengan *scandium* dan *yttrium* (Humphries, 2010). Secara umum, LTJ di dunia dapat dijumpai pada berbagai jenis deposit antara lain pada batuan beku perarkalin, deposit *iron-oxide-copper-gold*, intrusi batuan beku pegmatit, batuan metamorf, tanah lapukan batuan yang kaya akan besi dan aluminium, sebagai endapan letakan (*placer*) serta tipe ion-absorbtion. Selain itu alternatif deposit LTJ juga dapat ditemukan di batubara (Anggara et al., 2018; Blissett et al., 2013; Dai et al., 2016, 2012a, 2012b; Seredin, 1996; Seredin et al., 2013; Seredin and Dai, 2012; Tambaria et al., 2017). Besarnya sumberdaya batubara di Indonesia dan adanya potensi LTJ dari lapisan batubara (Anggara et al., 2024, 2020, 2018; Patria and Anggara, 2022) memberi peluang bagi Indonesia untuk dapat berperan aktif sebagai pemasok LTJ di dunia.

Kegiatan evaluasi ini dimaksudkan untuk melakukan penyiapan data dan informasi terkait potensi LTJ, *valuable and trace elements* dalam batubara dan abu batubara di Indonesia. Sedangkan tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui keberadaan potensi LTJ serta *valuable and trace elements* pada batubara dan abu hasil pembakaran batubara yang mengalami pengayaan LTJ.

## Metodologi

Metodologi kegiatan evaluasi ini mencakup studi pustaka, kegiatan lapangan berupa uji petik pengambilan sampel di daerah terpilih, analisis laboratorium dan evaluasi data. Sampel batubara diambil dari Formasi Warukin, Kalimantan Selatan, sedangkan sampel abu batubara diambil dari beberapa PLTU di Jawa, Kalimantan dan Bali (Gambar 1).

Analisis laboratorium untuk mengetahui kandungan REE pada sampel batubara dan abunya dilakukan di laboratorium ALS *Geochemistry*, Kanada.



**Gambar 1. Lokasi tempat pengambilan sampel batubara dan abu batubara. Abu batubara diambil dari PLTU di Jawa, Kalimantan dan Bali**

## HASIL PENYELIDIKAN

### Pengambilan sampel batubara dan abu batubara

Pengambilan sampel batubara Formasi Warukin dilakukan dengan metode *ply-by-ply sampling* menggunakan teknik *channel sampling*. Selain itu pengambilan sampel juga dilakukan pada batuan sedimen selain batubara pada bagian *roof*, *floor* dan *parting*. Pengamatan lapangan menunjukkan adanya dua seam batubara yaitu seam W-222 dan W-310. Ketebalan setiap seam bervariasi dari 6 s.d 16 meter, dengan *floor* berupa batulempung, pada bagian atas terdapat klastika batubara dan fragmen material organik. Litologi penyusun *roof* berupa batulempung yang mengandung fragmen material organik dengan batas tegas dengan lapisan batubara di bawahnya, sedangkan *parting* berupa batupasir yang kaya akan material organik (Gambar 2).

Sementara itu, pengambilan sampel abu batubara dilakukan pada beberapa PLTU yang ada di Pulau Jawa seperti PLTU Cirebon, PLTU Tanjung Jati dan PLTU Paiton. Pengambilan sampel abu batubara juga dilakukan di PLTU PT. Makmur Sejahtera Wisesa (MSW) dan PLTU Tanjung Power Indonesia (TPI) di Kalimantan Selatan serta PLTU Celukan Bawang di Bali.

### Hasil Analisis Laboratorium

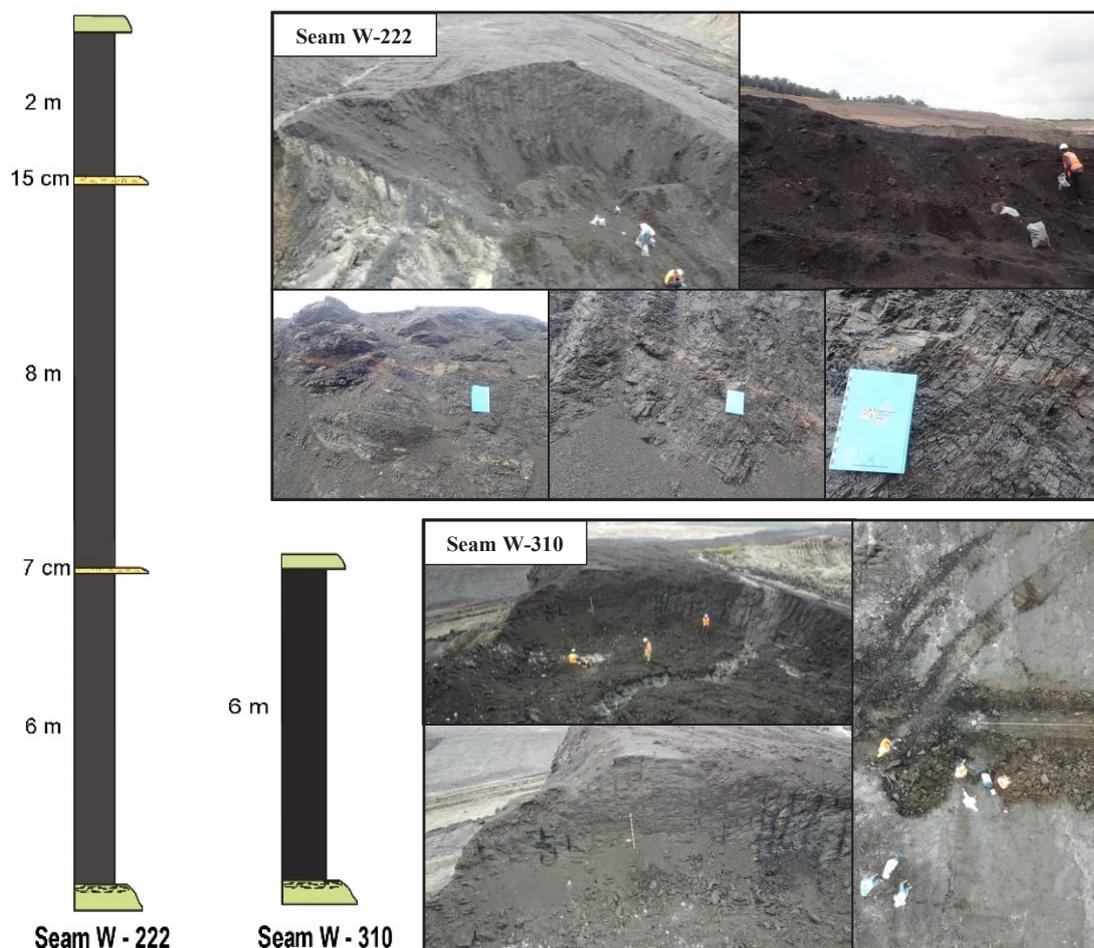
#### Hasil Analisis Geokimia Batubara Hasil Uji Petik

Data geokimia yang diperoleh dari hasil analisis ICP-AES berupa konsentrasi oksida utama yang dinyatakan dalam wt.% dan konsentrasi unsur jejak (*trace elements*) hasil analisis ICP-MS dalam satuan *part per million* (ppm). Senyawa oksida utama yang dianalisis meliputi senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,

Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SrO, dan BaO dengan nilai yang telah dinormalisasi dengan *loss of ignition* atau LOI. Konsentrasi unsur utama yang mendominasi pada batubara daerah evaluasi adalah SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, dan MgO dengan konsentrasi yang bervariasi (Gambar 4 dan Gambar 5).

Unsur LTJ yang dianalisis pada penelitian ini adalah La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu dan Y yang dinyatakan dalam satuan ppm.

Konsentrasi total LTJ yang terkandung pada batubara daerah evaluasi bervariasi dan dapat dilihat pada Tabel 1. Konsentrasi total LTJ yang terkandung dalam sampel batubara berkisar antara 0,76 dan 16,28 ppm, sementara pada sampel non-batubara berkisar antara 2,13 dan 154,86 ppm. Selanjutnya, dilakukan evaluasi potensi LTJ batubara daerah evaluasi terhadap *world low-rank coal* (Ketris dan Yudovich, 2009) seperti yang terlihat pada Gambar 6.

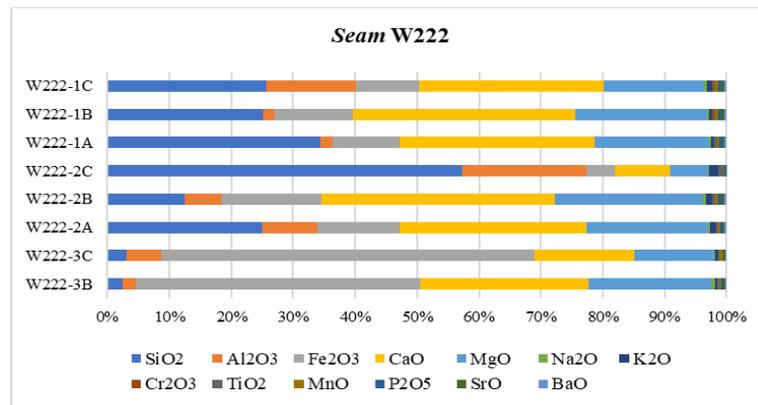


Gambar 2. Profil litologi dan singkapan batubara seam W-222 dan W-310 pada Formasi Warukin

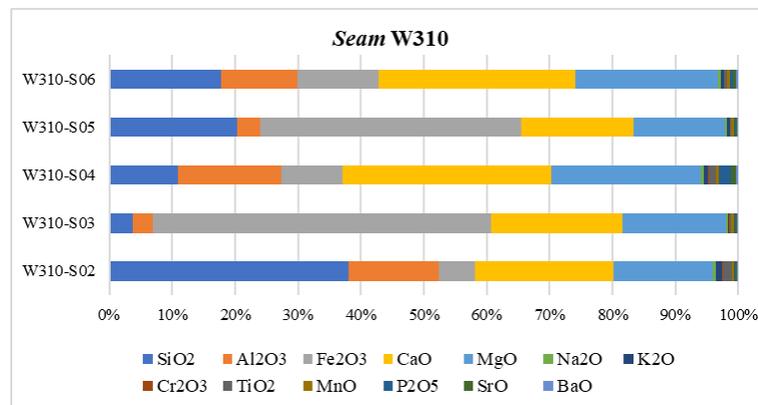
Unsur jejak yang dianalisis meliputi Ba, Ga, Sr, Zr, Hf, Nb, Ta, U, V, Cr, Cs, Ge, Rb, Sc, Sn, Th, dan W yang dinyatakan dalam satuan ppm. Beberapa unsur tersebut termasuk ke dalam unsur berharga (*valuable elements*) karena keberadaannya sangat dicari saat ini sebagai bahan untuk industri maju. Unsur-unsur tersebut diantaranya adalah Vanadium (V), Uranium (U) dan Thorium (Th). Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa konsentrasi unsur jejak yang terkandung pada sampel batubara maupun non-batubara bervariasi, dengan unsur

jejak dominan berupa Sr, Ba, V, dan Zr. (Tabel 2).

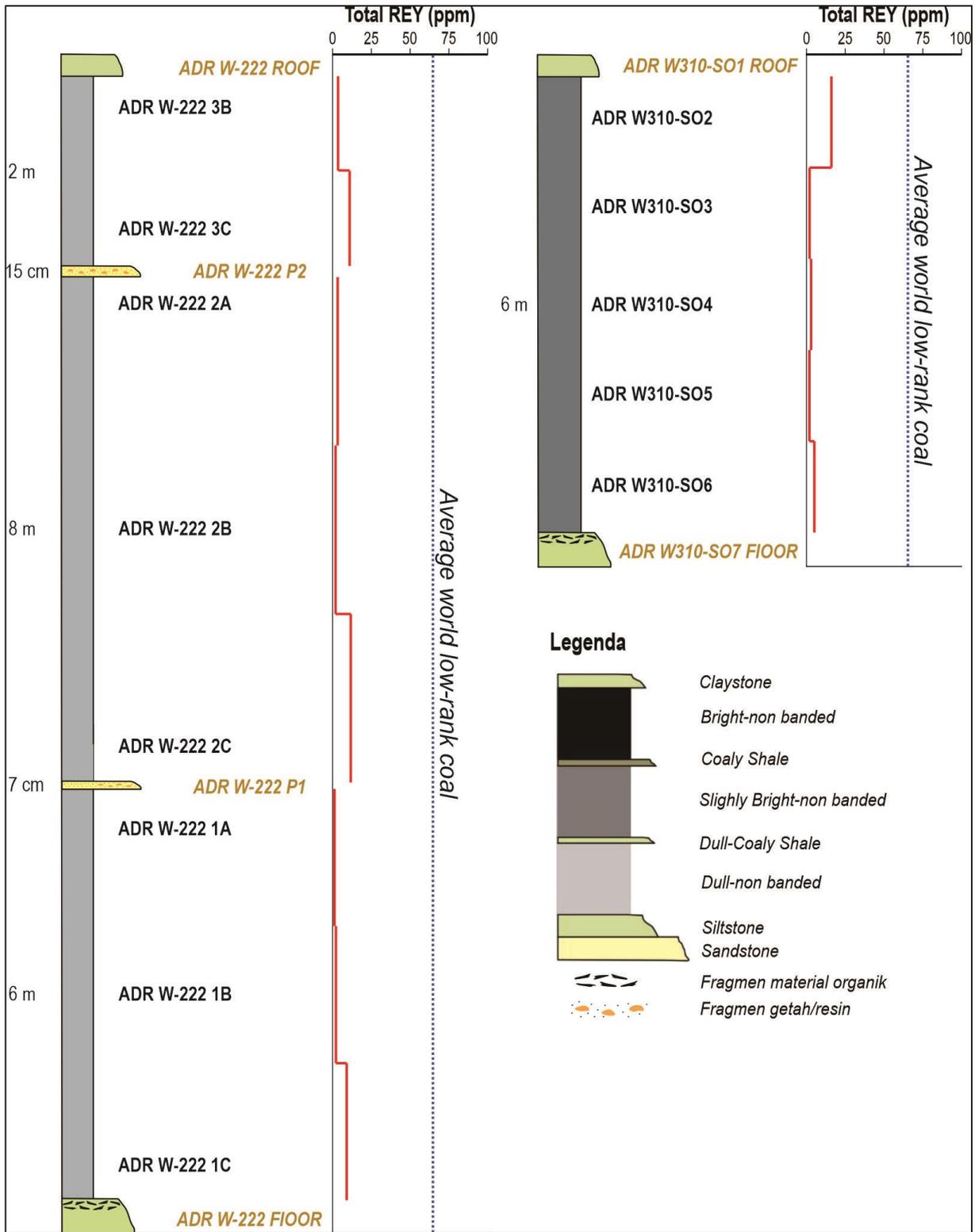
Perhitungan *Concentration Coefficient* (CC) kemudian dilakukan untuk mengevaluasi pengayaan unsur jejak pada abu batubara dari PLTU (*fly ash & bottom ash / FABA*). Perhitungan ini didasarkan dari setiap konsentrasi unsur jejak yang kemudian dilakukan normalisasi dari nilai yang diambil dari data *world brown-coal* oleh Ketris dan Yudovich (2009). Nilai hasil pembagian antara keduanya kemudian dikategorikan dalam beberapa kategori yaitu *depleted, normal, slightly enriched, dan enriched* (Tabel 3).



Gambar 3. Grafik kelimpahan oksida mayor pada sampel batubara seam W222



Gambar 4. Grafik kelimpahan oksida mayor pada sampel batubara seam W310



**Gambar 5.** Konsentrasi Total LTJ pada tiap *ply* batubara seam W222 dan W310 dan dibandingkan dengan rata-rata Total LTJ *world low-rank coal* menurut Ketris dan Yudovich (2009)

Tabel 1. Data geokimia dan hasil rekapitulasi LTJ pada sampel batubara dan non-batubara

Kode Sampel	Total REY	Data Geokimia ICP-MS (ppm)														
		LREY					MREY					HREY				
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
W222-ROOF	13,11	1,1	2,6	0,34	1,5	0,45	0,15	0,69	0,1	0,73	4,6	0,13	0,36	0,05	0,27	0,04
W222-3B	3,04	0,4	0,7	0,08	0,4	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1	0,9	0,02	0,06	0,01	0,04	0,01
W222-3C	11,32	1,1	2,6	0,33	1,5	0,32	0,13	0,54	0,1	0,54	3,5	0,09	0,29	0,04	0,21	0,03
W222-P2	2,6	0,4	0,7	0,08	0,4	0,09	0,02	0,05	0,1	0,05	0,6	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01
W222-2A	2,98	0,5	0,9	0,09	0,5	0,06	0,02	0,07	0,1	0,05	0,6	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-2B	1,51	0,3	0,4	0,05	0,2	0,05	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-2C	11,54	2,2	4,3	0,48	1,8	0,27	0,02	0,22	0,1	0,25	1,5	0,06	0,14	0,03	0,15	0,02
W222-P1	2,13	0,4	0,7	0,09	0,3	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,3	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-1A	0,77	0,1	0,1	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-1B	1,07	0,2	0,2	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-1C	9,4	0,6	1,2	0,15	0,7	0,23	0,08	0,34	0,1	0,59	4,1	0,14	0,55	0,08	0,47	0,07
W222-1 FLOOR	118,85	23	44,1	4,8	16,6	3,18	0,66	2,4	0,8	2,72	15,6	0,62	1,85	0,3	1,92	0,3
W222-S01 ROOF	9,16	0,8	1,9	0,24	1,1	0,31	0,12	0,47	0,1	0,42	3,1	0,1	0,23	0,03	0,22	0,02
W222-S02	1,37	0,3	0,3	0,03	0,2	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S03	0,96	0,2	0,2	0,02	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S04	0,86	0,1	0,2	0,02	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S05	0,76	0,1	0,1	0,02	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S06	1,07	0,2	0,3	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S07	1,07	0,2	0,3	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S08	2,11	0,6	0,6	0,07	0,2	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,3	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S09	1,89	0,5	0,6	0,06	0,2	0,02	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S10	1,07	0,2	0,3	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S11	1,61	0,3	0,5	0,06	0,2	0,04	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S12	1,93	0,4	0,6	0,08	0,3	0,04	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S13	0,87	0,1	0,2	0,03	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S14	0,96	0,2	0,2	0,02	0,1	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S15	1,48	0,3	0,3	0,04	0,2	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,3	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W222-S16	16,28	1,3	2,8	0,35	1,5	0,38	0,14	0,7	0,1	0,92	6,3	0,22	0,68	0,11	0,68	0,1
W222-S17 FLOOR	154,86	27,5	58,5	6,54	24,2	4,76	1,11	4,11	0,7	3,72	18,3	0,72	1,99	0,3	2,1	0,31
W310-S01 ROOF	30,91	4,7	8,9	0,99	3,8	0,73	0,25	0,97	0,1	1,22	7,2	0,28	0,85	0,1	0,72	0,1
W310-S02	15,64	2,5	4,9	0,53	1,8	0,4	0,14	0,49	0,1	0,51	3,4	0,11	0,35	0,05	0,32	0,04
W310-S03	1,6	0,3	0,5	0,06	0,2	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W310-S04	2,46	0,4	0,8	0,11	0,4	0,08	0,02	0,09	0,1	0,07	0,3	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W310-S05	1,38	0,2	0,4	0,04	0,2	0,03	0,02	0,05	0,1	0,05	0,2	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
W310-S06	4,6	0,4	1	0,11	0,6	0,18	0,05	0,24	0,1	0,28	1,3	0,05	0,16	0,01	0,11	0,01
W310-S07 FLOOR	121,6	23	48,1	5,21	19	3,36	0,65	2,46	0,5	2,16	13,3	0,5	1,44	0,21	1,48	0,23

Keterangan: warna kuning merupakan roof/floor, warna hijau merupakan parting

Tabel 2. Data geokimia unsur jejak pada sampel batubara dan non-batubara daerah evaluasi

Kode Sampel	Data Geokimia ICP-MS (ppm)																
	Unsur Jejak																
	Ba	Ga	Sr	Zr	Hf	Nb	Ta	U	V	Cr	Cs	Ge	Rb	Sc	Sn	Th	W
W222-ROOF	38.2	0.8	48.9	7	0.19	0.41	<0.1	0.22	10	<5	0.32	<0.5	3.4	3	<0.5	0.46	<0.5
W222-3B	30.1	0.1	42.5	1	<0.05	<0.05	<0.1	0.08	<5	<5	0.04	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.1	<0.5
W222-3C	33.1	0.3	38.9	1	<0.05	0.07	<0.1	0.1	6	<5	0.08	<0.5	1.1	1.1	<0.5	0.21	0.5
W222-P2	28.2	0.1	33.3	2	<0.05	0.07	<0.1	0.06	5	<5	0.07	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	0.12	<0.5
W222-2A	36.4	0.2	45.4	4	0.07	0.13	<0.1	0.07	5	<5	0.12	<0.5	1.3	<0.5	<0.5	0.18	0.6
W222-2B	30.5	0.1	39.2	1	<0.05	0.06	<0.1	0.05	<5	<5	0.06	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	0.13	<0.5
W222-2C	33.2	1.8	36.5	13	0.31	0.93	<0.1	0.25	10	<5	0.85	<0.5	6.6	1.5	<0.5	0.83	0.5
W222-P1	35.4	0.1	38.7	3	0.08	0.11	<0.1	0.07	<5	<5	0.02	<0.5	1.3	<0.5	<0.5	0.2	0.5
W222-1A	26.1	0.1	34	1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<5	<5	0.05	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	<0.05	0.5
W222-1B	28.1	<0.1	35.9	1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<5	<5	0.01	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	0.07	0.8
W222-1C	28.6	2	31.1	36	0.65	0.95	<0.1	0.41	37	7	0.07	<0.5	0.8	8.1	<0.5	0.42	1.3
W222-1 FLOOR	146.5	20.9	58.8	162	4.25	10.2	0.8	2.19	103	66	7.53	0.9	79.8	17.4	2.4	9.17	4.8
W222-S01 ROOF	32.7	0.4	44.2	3	0.06	0.15	<0.1	0.1	6	<5	0.14	<0.5	1.5	1.5	<0.5	0.26	0.5
W222-S02	37.4	0.1	48.6	1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<5	<5	0.02	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.05	0.8
W222-S03	32.2	0.1	44.9	<1	<0.05	<0.05	<0.1	0.06	10	<5	0.02	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.05	<0.5
W222-S04	33	0.1	45.2	1	<0.05	<0.05	<0.1	0.1	<5	<5	0.01	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	0.1	<0.5
W222-S05	28.9	<0.1	39	1	<0.05	<0.05	<0.1	0.08	<5	<5	<0.01	<0.5	0.3	<0.5	1.7	0.1	<0.5
W222-S06	35	0.1	47.2	1	<0.05	<0.05	<0.1	0.1	<5	<5	0.04	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.14	1.4
W222-S07	31.2	0.2	40	2	<0.05	0.15	<0.1	<0.05	<5	<5	0.02	<0.5	0.4	<0.5	<0.5	0.2	<0.5
W222-S08	33.3	<0.1	43.3	1	<0.05	0.07	<0.1	0.07	16	<5	<0.01	<0.5	0.4	<0.5	<0.5	0.18	<0.5
W222-S09	34.9	0.1	44.3	1	<0.05	0.05	<0.1	<0.05	12	<5	0.02	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	0.23	<0.5
W222-S10	31.6	0.1	42.2	2	<0.05	0.05	<0.1	<0.05	6	<5	0.02	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	0.13	0.5
W222-S11	31.8	0.1	40.5	1	<0.05	0.14	<0.1	0.18	<5	<5	<0.01	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.26	<0.5
W222-S12	33.1	0.1	42.5	3	<0.05	0.05	<0.1	0.05	<5	<5	0.02	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	0.11	<0.5
W222-S13	31.4	0.1	41.4	1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<5	<5	0.02	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	0.06	<0.5
W222-S14	24.4	<0.1	32.5	1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	5	<5	<0.01	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	<0.05	<0.5
W222-S15	26.9	<0.1	34.1	<1	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	7	<5	<0.01	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	<0.05	<0.5
W222-S16	32.7	3	37.4	35	0.84	1.26	0.1	0.5	49	11	0.25	<0.5	2.8	9.3	<0.5	0.85	0.5
W222-S17 FLOOR	139	22.1	58	144	3.64	9.34	0.7	3.35	113	66	7.73	0.6	90.9	16.6	1.4	10.4	2.5
W310-S01 ROOF	52.7	4.4	61.5	34	0.96	1.97	0.1	0.72	65	17	0.55	<0.5	4.5	9.1	<0.5	1.87	1.1
W310-S02	40.3	1.3	56.2	14	0.39	0.86	0.1	0.31	9	<5	0.2	<0.5	1.8	2.1	<0.5	0.79	0.5
W310-S03	34.5	0.2	48.5	1	<0.05	0.06	<0.1	0.05	<5	<5	0.02	<0.5	0.4	<0.5	0.8	0.14	0.6
W310-S04	50	0.7	131	4	0.1	0.18	<0.1	0.16	<5	<5	0.03	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0.65	0.5
W310-S05	30.6	0.1	43.9	1	<0.05	0.05	<0.1	<0.05	<5	<5	0.03	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	0.05	2.9
W310-S06	34.9	1.1	42.1	3	0.11	0.25	<0.1	0.3	8	<5	0.04	<0.5	0.5	1.1	<0.5	0.21	0.5
W310-S07 FLOOR	105	14.2	75.2	90	2.38	7.18	0.5	1.95	94	47	6.93	<0.5	49.8	10.8	1.8	7.54	1.6

**Tabel 3.** Data geokimia unsur jejak hasil normalisasi CC (*Concentration Coefficient*) pada sampel batubara dan non-batubara Formasi Warukin

Kode Sampel	Normalisasi CC (World Coal) Data Geokimia ICP-MS (ppm)																
	Unsur Jejak																
	Ba	Ga	Sr	Zr	Hf	Nb	Ta	U	V	Cr	Cs	Ge	Rb	Sc	Sn	Th	W
W222-ROOF	0.255	0.145	0.408	0.200	0.158	0.124	0.385	0.076	0.455	0.333	0.327	0.250	0.340	0.732	0.633	0.139	0.417
W222-3B	0.201	0.018	0.354	0.029	0.042	0.015	0.385	0.028	0.227	0.333	0.041	0.250	0.030	0.122	0.633	0.030	0.417
W222-3C	0.221	0.055	0.324	0.029	0.042	0.021	0.385	0.034	0.273	0.333	0.082	0.250	0.110	0.268	0.633	0.064	0.417
W222-P2	0.188	0.018	0.278	0.057	0.042	0.021	0.385	0.021	0.227	0.333	0.071	0.250	0.070	0.122	0.633	0.036	0.417
W222-2A	0.243	0.036	0.378	0.114	0.058	0.039	0.385	0.024	0.227	0.333	0.122	0.250	0.130	0.122	0.633	0.055	0.500
W222-2B	0.203	0.018	0.327	0.029	0.042	0.018	0.385	0.017	0.227	0.333	0.061	0.250	0.060	0.122	0.633	0.039	0.417
W222-2C	0.221	0.327	0.304	0.371	0.258	0.282	0.385	0.086	0.455	0.333	0.867	0.250	0.660	0.366	0.633	0.252	0.417
W222-P1	0.236	0.018	0.323	0.086	0.067	0.033	0.385	0.024	0.227	0.333	0.020	0.250	0.130	0.122	0.633	0.061	0.417
W222-1A	0.174	0.018	0.283	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.000	0.051	0.250	0.030	0.122	0.633	0.015	0.417
W222-1B	0.187	0.018	0.299	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.333	0.010	0.250	0.020	0.122	0.633	0.021	0.667
W222-1C	0.191	0.364	0.259	1.029	0.542	0.288	0.385	0.141	1.682	0.467	0.071	0.250	0.080	1.976	0.633	0.127	1.083
W222-1 FLOOR	0.977	3.800	0.490	4.629	3.542	3.091	3.077	0.755	4.682	4.400	7.684	0.450	7.980	4.244	3.038	2.779	4.000
W222-S01 ROOF	0.218	0.073	0.368	0.086	0.050	0.045	0.385	0.034	0.273	0.333	0.143	0.250	0.150	0.366	0.633	0.079	0.417
W222-S02	0.249	0.018	0.405	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.333	0.020	0.250	0.030	0.122	0.633	0.015	0.667
W222-S03	0.215	0.018	0.374	0.029	0.042	0.015	0.385	0.021	0.455	0.333	0.020	0.250	0.030	0.122	0.633	0.015	0.417
W222-S04	0.220	0.018	0.377	0.029	0.042	0.015	0.385	0.034	0.227	0.333	0.010	0.250	0.020	0.122	0.633	0.030	0.417
W222-S05	0.193	0.018	0.325	0.029	0.042	0.015	0.385	0.028	0.227	0.333	0.010	0.250	0.030	0.122	2.152	0.030	0.417
W222-S06	0.233	0.018	0.393	0.029	0.042	0.015	0.385	0.034	0.227	0.333	0.041	0.250	0.030	0.122	0.633	0.042	1.167
W222-S07	0.208	0.036	0.333	0.057	0.042	0.045	0.385	0.017	0.227	0.333	0.020	0.250	0.040	0.122	0.633	0.061	0.417
W222-S08	0.222	0.018	0.361	0.029	0.042	0.021	0.385	0.024	0.727	0.333	0.010	0.250	0.040	0.122	0.633	0.055	0.417
W222-S09	0.233	0.018	0.369	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.545	0.333	0.020	0.250	0.020	0.122	0.633	0.070	0.417
W222-S10	0.211	0.018	0.352	0.057	0.042	0.015	0.385	0.017	0.273	0.333	0.020	0.250	0.020	0.122	0.633	0.039	0.417
W222-S11	0.212	0.018	0.338	0.029	0.042	0.042	0.385	0.062	0.227	0.333	0.010	0.250	0.030	0.122	0.633	0.079	0.417
W222-S12	0.221	0.018	0.354	0.086	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.333	0.020	0.250	0.030	0.122	0.633	0.033	0.417
W222-S13	0.209	0.018	0.345	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.000	0.020	0.250	0.020	0.122	0.633	0.018	0.417
W222-S14	0.163	0.018	0.271	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.333	0.010	0.250	0.020	0.122	0.633	0.015	0.417
W222-S15	0.179	0.018	0.284	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.318	0.333	0.010	0.250	0.030	0.122	0.633	0.015	0.417
W222-S16	0.218	0.545	0.312	1.000	0.700	0.382	0.385	0.172	2.227	0.733	0.255	0.250	0.280	2.268	0.633	0.258	0.417
W222-S17 FLOOR	0.927	4.018	0.483	4.114	3.033	2.830	2.692	1.155	5.136	4.400	7.888	0.300	9.090	4.049	1.772	3.152	2.083
W310-S01 ROOF	0.351	0.800	0.513	0.971	0.800	0.597	0.385	0.248	2.955	1.133	0.561	0.250	0.450	2.220	0.633	0.567	0.917
W310-S02	0.269	0.236	0.468	0.400	0.325	0.261	0.385	0.107	0.409	0.333	0.204	0.250	0.180	0.512	0.633	0.239	0.417
W310-S03	0.230	0.036	0.404	0.029	0.042	0.018	0.385	0.017	0.227	0.333	0.020	0.250	0.040	0.122	1.013	0.042	0.500
W310-S04	0.333	0.127	1.092	0.114	0.083	0.055	0.385	0.055	0.000	0.333	0.031	0.250	0.050	0.122	0.633	0.197	0.417
W310-S05	0.204	0.018	0.366	0.029	0.042	0.015	0.385	0.017	0.227	0.333	0.031	0.250	0.070	0.122	0.633	0.015	2.417
W310-S06	0.233	0.200	0.351	0.086	0.092	0.076	0.385	0.103	0.364	0.333	0.041	0.250	0.050	0.268	0.633	0.064	0.417
W310-S07 FLOOR	0.700	2.582	0.627	2.571	1.983	2.176	1.923	0.672	4.273	3.133	7.071	0.250	4.980	2.634	2.278	2.285	1.333

KETERANGAN:  
 CC < 0,5 Depleted  
 0,5 < CC < 2 Normal  
 2 < CC < 5 Slightly enriched  
 5 < CC < 10 Enriched

**Hasil Analisis Geokimia FABA dan Feed Coal PLTU**

Kelimpahan oksida mayor pada sampel FABA dan *feed coal* dari ketujuh PLTU dapat dilihat pada Gambar 6.

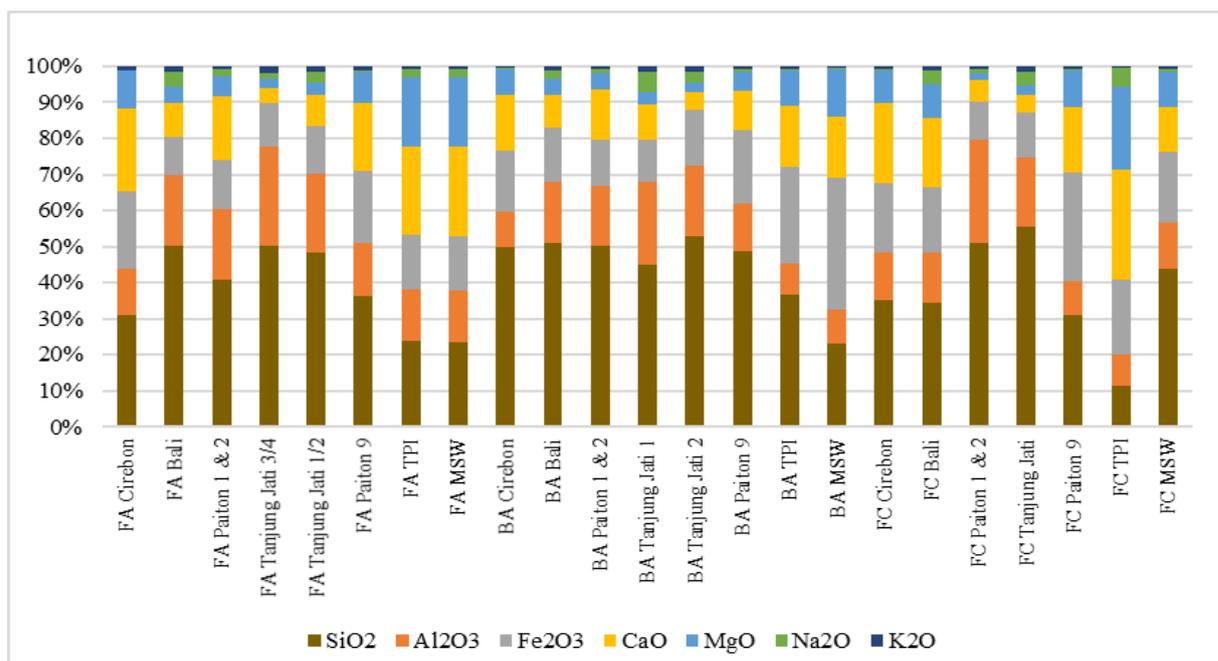
Data konsentrasi LTJ diperoleh dari hasil analisis ICP-MS pada sampel FABA dan *feed coal* dinyatakan dalam satuan ppm. Konsentrasi total LTJ pada sampel batubara asal berkisar antara 2,57 ppm dan 16,25 ppm. Sementara itu, konsentrasi total

LTJ pada FA berkisar dari 158,18 ppm s.d 254,58 ppm dan pada BA berkisar antara 11,41 ppm dan 186,12 ppm (Tabel 4). Secara umum, nilai konsentrasi total LTJ pada FA lebih tinggi dibandingkan dengan total LTJ pada BA. Selain itu, konsentrasi LTJ pada FA juga mengalami pengayaan yang lebih tinggi yaitu sekitar 10-15 kali lipat dibandingkan dengan nilai konsentrasi total LTJ pada batubara asalnya (Gambar 7).

Data LTJ yang diperoleh dari analisis ICP-MS juga dapat digunakan untuk melakukan evaluasi potensi ketersediaan LTJ pada FA dan BA sehingga dapat diprediksi apakah LTJ yang terkandung didalamnya cenderung memiliki potensi ekonomi atau tidak sebagai bahan baku industri. Parameter yang digunakan dalam evaluasi tersebut adalah nilai REO, persentase *critical LTJ*, dan nilai  $C_{out}$ . Nilai REO diperoleh dari konversi nilai LTJ dengan faktor konversi LTJ dalam bentuk oksida oleh Ketris dan Yudovich (2009). Total nilai REO pada FA berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan bernilai 191,22 – 307,40 ppm dan pada BA berkisar antara 13,77 – 224,87 ppm. Sedangkan kelimpahan REO pada sampel *feed coal* yaitu 3,13 – 19,60 ppm, sehingga kelimpahan total REO pada

sampel FABA mengalami pengayaan sebesar 10-15 kali lipat dibandingkan kelimpahan pada batubara asalnya (Gambar 8).

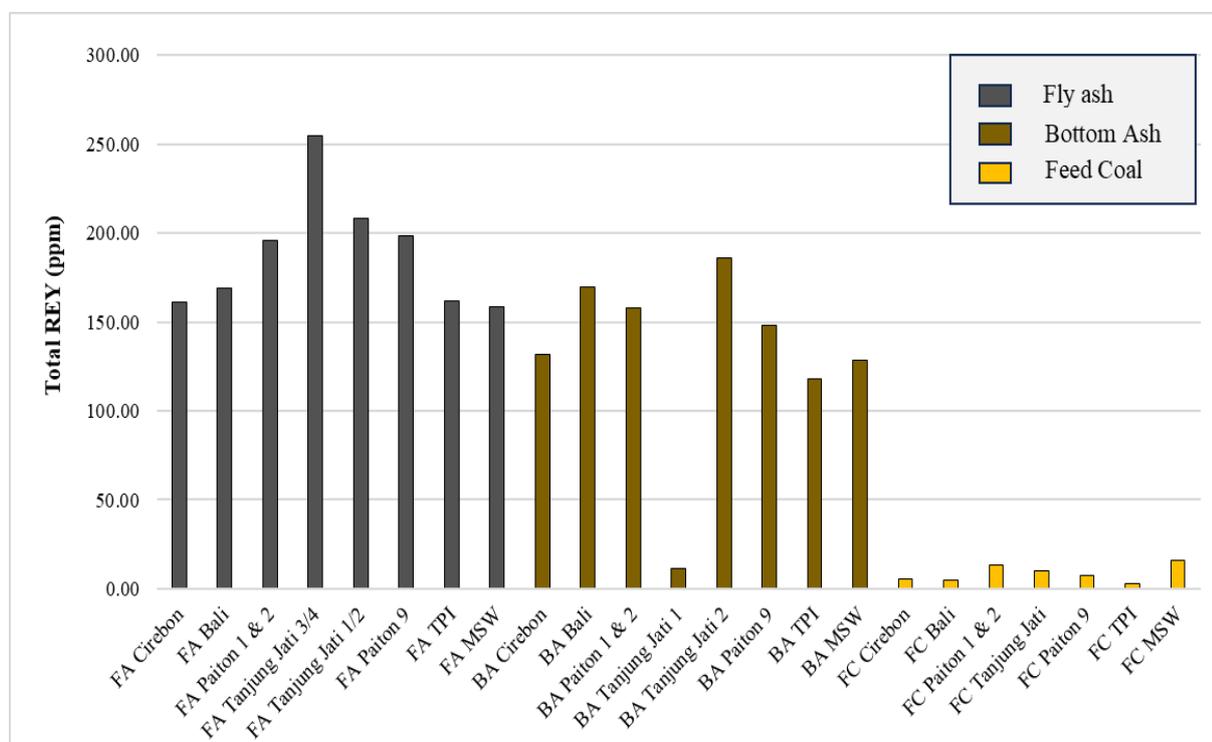
Konsentrasi unsur jejak yang terkandung pada sampel FABA dan *feed coal* bervariasi, dengan unsur jejak dominan berupa Ba, Sr, V, Zr, dan Cr (Tabel 5). Pada sampel *fly ash* (FA), unsur Ba memiliki nilai 947-2020 ppm, Sr 785-2160 ppm, V 121-255 ppm, Zr 144-235 ppm, dan Cr 39-115 ppm. Sementara pada sampel *bottom ash* (BA) memiliki konsentrasi yang lebih rendah pada unsur Ba (96,4-1455 ppm), Sr (108-1295 ppm), V (14-156 ppm), Zr (11-190 ppm), dan Cr (5-101 ppm). Perhitungan *Concentration Coefficient* (CC) juga dilakukan pada sampel FABA dan *feed coal* dan hasilnya disajikan pada Tabel 6.



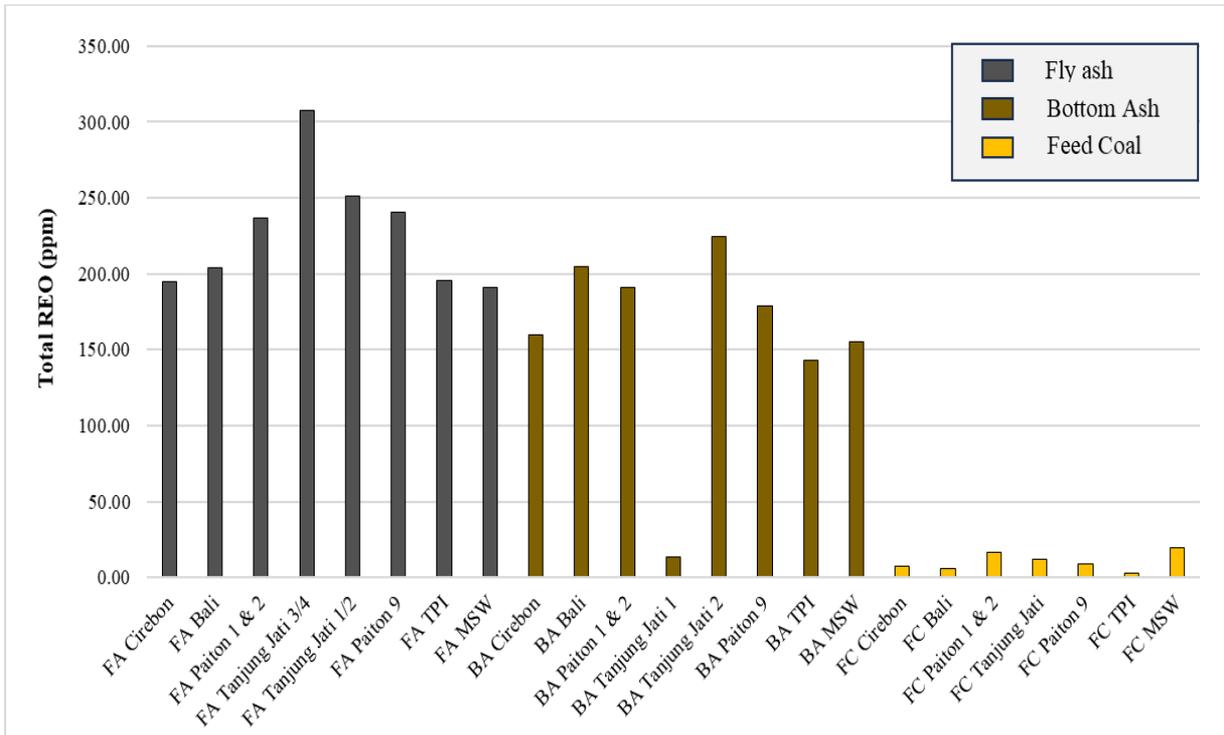
**Gambar 6.** Grafik kelimpahan oksida mayor pada sampel FABA dan *feed coal* PLTU

Tabel 4. Data geokimia dan hasil rekapitulasi total LTJ FABA dan *feed coal* PLTU

Kode Sampel	Total REY	Data Geokimia ICP-MS (ppm)														
		LREY					MREY					HREY				
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
FA Cirebon	161,23	25	52	5,85	22,9	4,68	1,23	5,12	0,81	4,88	31,3	1,03	2,91	0,42	2,68	0,42
FA Bali	168,94	27,7	55,6	6,06	23	4,74	1,19	5,13	0,8	5,05	31,6	1,14	3,06	0,46	2,94	0,47
FA Paiton 1 & 2	195,61	31,3	61,9	7,01	26,8	5,6	1,42	6,18	0,96	6	39,1	1,25	3,59	0,52	3,41	0,57
FA Tanjung Jati 3/4	254,58	40,4	82,5	9,58	36,8	7,85	1,84	8,09	1,21	7,77	46,4	1,64	4,71	0,68	4,44	0,67
FA Tanjung Jati 1/2	207,88	33,2	68	7,83	28,9	6,03	1,47	6,28	0,97	6,04	39,6	1,31	3,73	0,51	3,45	0,56
FA Paiton 9	198,71	30,5	62,7	6,96	27,4	5,59	1,34	5,76	0,93	5,93	42,1	1,3	3,77	0,53	3,39	0,51
FA TPI	161,56	24,6	49,9	5,67	21,6	4,81	1,39	5,53	0,85	5,32	33,7	1,18	3,11	0,44	3,01	0,45
FA MSW	158,18	24,3	48,7	5,69	22	4,89	1,25	5,27	0,8	5,03	32,5	1,09	2,98	0,43	2,84	0,41
BA Cirebon	131,93	21,1	43,3	4,85	18,4	3,59	0,88	3,81	0,59	3,82	25,4	0,85	2,41	0,33	2,25	0,35
BA Bali	169,64	26,4	55,3	6,34	23,9	4,99	1,23	5	0,85	5,28	32,4	1,11	3,11	0,44	2,83	0,46
BA Paiton 1 & 2	158,12	25,6	50,4	5,87	22,4	4,55	1,27	4,91	0,78	4,93	29,9	1,04	3	0,41	2,6	0,46
BA Tanjung Jati 1	11,41	2	3,9	0,42	1,7	0,29	0,09	0,29	0,04	0,33	1,8	0,08	0,21	0,02	0,21	0,03
BA Tanjung Jati 2	186,12	29,9	61,4	6,93	26,2	5,06	1,36	5,52	0,88	5,5	34,5	1,17	3,59	0,46	3,16	0,49
BA Paiton 9	147,98	21,6	45,3	5,2	20,7	4,62	1,18	4,85	0,72	4,92	31,4	1,01	2,87	0,43	2,74	0,44
BA TPI	118,06	16,7	34,5	3,96	15,4	3,66	0,97	4,41	0,65	4,27	27,1	0,89	2,56	0,37	2,28	0,34
BA MSW	128,31	19,8	40,3	4,57	17,5	3,94	1,1	4,17	0,66	4,16	25,8	0,89	2,54	0,31	2,21	0,36
FC Cirebon	5,79	0,9	2	0,22	0,8	0,15	0,05	0,19	0,03	0,15	1,1	0,03	0,08	0,01	0,06	0,02
FC Bali	4,98	0,8	1,7	0,18	0,7	0,1	0,04	0,18	0,02	0,15	0,9	0,03	0,08	0,01	0,08	0,01
FC Paiton 1 & 2	13,53	2,2	4,2	0,45	2	0,46	0,11	0,37	0,06	0,42	2,6	0,09	0,26	0,04	0,22	0,05
FC Tanjung Jati	10,2	1,8	3,4	0,41	1,5	0,21	0,05	0,29	0,04	0,29	1,8	0,06	0,16	0,02	0,13	0,04
FC Paiton 9	7,41	1	2,1	0,25	1	0,24	0,07	0,32	0,05	0,24	1,8	0,06	0,12	0,02	0,12	0,02
FC TPI	2,57	0,3	0,5	0,07	0,2	0,06	0,02	0,12	0,02	0,16	0,9	0,03	0,09	0,01	0,08	0,01
FC MSW	16,25	3	5,9	0,64	2,3	0,5	0,08	0,39	0,06	0,38	2,3	0,09	0,27	0,03	0,29	0,02



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai konsentrasi total LTJ pada sampel FABA dan batubara dari PLTU Cirebon, Paiton, Tanjung Jati, Bali, TPI dan MSW



Gambar 8. Grafik perbandingan nilai konsentrasi total REO pada sampel FABA dan batubara dari PLTU Cirebon, Paiton, Tanjung Jati, Bali, TPI, dan MSW

Tabel 5. Data geokimia dan hasil rekapitulasi total LTJ FABA dan *feed coal* PLTU

Kode Sampel	Total REY	Data Geokimia ICP-MS (ppm)														
		LREY					MREY					HREY				
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
FA Cirebon	161,23	25	52	5,85	22,9	4,68	1,23	5,12	0,81	4,88	31,3	1,03	2,91	0,42	2,68	0,42
FA Bali	168,94	27,7	55,6	6,06	23	4,74	1,19	5,13	0,8	5,05	31,6	1,14	3,06	0,46	2,94	0,47
FA Paiton 1 & 2	195,61	31,3	61,9	7,01	26,8	5,6	1,42	6,18	0,96	6	39,1	1,25	3,59	0,52	3,41	0,57
FA Tanjung Jati 3/4	254,58	40,4	82,5	9,58	36,8	7,85	1,84	8,09	1,21	7,77	46,4	1,64	4,71	0,68	4,44	0,67
FA Tanjung Jati 1/2	207,88	33,2	68	7,83	28,9	6,03	1,47	6,28	0,97	6,04	39,6	1,31	3,73	0,51	3,45	0,56
FA Paiton 9	198,71	30,5	62,7	6,96	27,4	5,59	1,34	5,76	0,93	5,93	42,1	1,3	3,77	0,53	3,39	0,51
FA TPI	161,56	24,6	49,9	5,67	21,6	4,81	1,39	5,53	0,85	5,32	33,7	1,18	3,11	0,44	3,01	0,45
FA MSW	158,18	24,3	48,7	5,69	22	4,89	1,25	5,27	0,8	5,03	32,5	1,09	2,98	0,43	2,84	0,41
BA Cirebon	131,93	21,1	43,3	4,85	18,4	3,59	0,88	3,81	0,59	3,82	25,4	0,85	2,41	0,33	2,25	0,35
BA Bali	169,64	26,4	55,3	6,34	23,9	4,99	1,23	5	0,85	5,28	32,4	1,11	3,11	0,44	2,83	0,46
BA Paiton 1 & 2	158,12	25,6	50,4	5,87	22,4	4,55	1,27	4,91	0,78	4,93	29,9	1,04	3	0,41	2,6	0,46
BA Tanjung Jati 1	11,41	2	3,9	0,42	1,7	0,29	0,09	0,29	0,04	0,33	1,8	0,08	0,21	0,02	0,21	0,03
BA Tanjung Jati 2	186,12	29,9	61,4	6,93	26,2	5,06	1,36	5,52	0,88	5,5	34,5	1,17	3,59	0,46	3,16	0,49
BA Paiton 9	147,98	21,6	45,3	5,2	20,7	4,62	1,18	4,85	0,72	4,92	31,4	1,01	2,87	0,43	2,74	0,44
BA TPI	118,06	16,7	34,5	3,96	15,4	3,66	0,97	4,41	0,65	4,27	27,1	0,89	2,56	0,37	2,28	0,34
BA MSW	128,31	19,8	40,3	4,57	17,5	3,94	1,1	4,17	0,66	4,16	25,8	0,89	2,54	0,31	2,21	0,36
FC Cirebon	5,79	0,9	2	0,22	0,8	0,15	0,05	0,19	0,03	0,15	1,1	0,03	0,08	0,01	0,06	0,02
FC Bali	4,98	0,8	1,7	0,18	0,7	0,1	0,04	0,18	0,02	0,15	0,9	0,03	0,08	0,01	0,08	0,01
FC Paiton 1 & 2	13,53	2,2	4,2	0,45	2	0,46	0,11	0,37	0,06	0,42	2,6	0,09	0,26	0,04	0,22	0,05
FC Tanjung Jati	10,2	1,8	3,4	0,41	1,5	0,21	0,05	0,29	0,04	0,29	1,8	0,06	0,16	0,02	0,13	0,04
FC Paiton 9	7,41	1	2,1	0,25	1	0,24	0,07	0,32	0,05	0,24	1,8	0,06	0,12	0,02	0,12	0,02
FC TPI	2,57	0,3	0,5	0,07	0,2	0,06	0,02	0,12	0,02	0,16	0,9	0,03	0,09	0,01	0,08	0,01
FC MSW	16,25	3	5,9	0,64	2,3	0,5	0,08	0,39	0,06	0,38	2,3	0,09	0,27	0,03	0,29	0,02

KETERANGAN:

□ : Fly Ash    □ : Bottom Ash    □ : Feed Coal

**Tabel 6.** Data geokimia unsur jejak pada FABA dan *feed coal* PLTU dengan normalisasi CC Coal Ashes; Brown Coal mengacu pada Ketris & Yudovich (2009)

Kode Sampel	Data Geokimia ICP-MS (ppm)																
	Unsur Jejak (Normalisasi CC Coal Ashes; Brown Coal - Ketris & Yudovich, 2009)																
	Ba	Ga	Sr	Zr	Hf	Nb	Ta	U	V	Cr	Cs	Ge	Rb	Sc	Sn	Th	W
FA Cirebon	2,24	0,61	1,06	0,77	0,53	0,52	0,50	0,15	0,86	0,95	0,85	0,25	1,00	0,72	0,51	0,46	0,35
FA Bali	1,63	0,83	1,38	0,82	0,57	0,53	0,50	0,24	1,22	1,37	2,00	0,35	1,76	0,93	0,57	0,57	0,62
FA Paiton 1 & 2	2,07	0,84	2,32	1,07	0,72	0,64	0,50	0,24	1,08	0,88	0,71	0,36	0,77	0,96	0,51	0,63	0,52
FA Tanjung Jati 3/4	1,05	1,21	1,17	1,24	0,86	0,72	0,64	0,66	1,82	1,40	2,40	0,53	2,44	1,46	0,77	0,84	0,62
FA Tanjung Jati 1/2	1,59	0,88	2,44	0,92	0,62	0,62	0,57	0,29	1,31	1,33	1,81	0,30	1,78	1,14	0,57	0,60	0,50
FA Paiton 9	1,47	0,71	1,56	0,76	0,50	0,61	0,50	0,19	0,99	1,01	1,19	0,29	1,16	0,93	0,55	0,50	0,50
FA TPI	1,46	0,70	2,92	0,88	0,57	0,47	0,43	0,28	1,20	0,50	0,35	0,26	0,52	1,01	0,66	0,62	0,77
FA MSW	1,44	0,70	2,82	0,84	0,53	0,44	0,36	0,26	1,16	0,48	0,35	0,27	0,49	0,94	0,57	0,61	0,55
BA Cirebon	1,38	0,26	0,72	0,81	0,52	0,45	0,43	0,11	0,67	1,23	0,48	0,11	0,56	0,65	0,15	0,38	0,20
BA Bali	1,40	0,44	1,23	0,87	0,58	0,49	0,43	0,21	1,11	1,22	1,34	0,15	1,25	0,99	0,19	0,54	0,30
BA Paiton 1 & 2	1,62	0,42	1,75	0,96	0,66	0,55	0,43	0,16	1,03	0,88	0,44	0,15	0,55	0,85	0,21	0,52	0,30
BA Tanjung Jati 1	0,11	0,05	0,15	0,06	0,04	0,04	0,07	0,02	0,10	0,06	0,10	0,05	0,10	0,06	0,11	0,03	0,08
BA Tanjung Jati 2	1,08	0,48	1,53	1,00	0,67	0,54	0,50	0,42	1,06	1,02	1,56	0,15	1,61	1,09	0,21	0,61	0,30
BA Paiton 9	0,97	0,40	0,74	0,94	0,64	0,46	0,43	0,13	0,99	0,91	0,71	0,15	0,82	0,92	0,17	0,40	0,20
BA TPI	0,88	0,91	0,86	0,49	0,34	0,32	0,29	0,13	0,76	0,84	0,61	0,33	0,80	0,75	0,45	0,39	0,27
BA MSW	0,62	1,15	1,69	0,69	0,47	0,37	0,29	0,18	1,07	0,89	0,20	0,30	0,28	0,70	0,19	0,43	0,40
FC Cirebon	0,51	0,13	0,29	0,17	0,15	0,12	0,38	0,03	0,36	0,03	0,18	0,25	0,17	0,17	0,63	0,09	0,42
FC Bali	0,34	0,11	0,18	0,11	0,08	0,14	0,38	0,05	0,36	0,03	0,19	0,25	0,17	0,15	0,63	0,06	0,42
FC Paiton 1 & 2	0,21	0,24	0,38	0,46	0,33	0,19	0,38	0,09	0,41	0,03	0,15	0,25	0,14	0,29	0,63	0,24	0,42
FC Tanjung Jati	0,39	0,25	0,47	0,26	0,22	0,19	0,38	0,18	0,77	0,33	0,56	0,25	0,54	0,41	0,63	0,18	0,50
FC Paiton 9	0,66	0,11	0,41	0,14	0,10	0,10	0,38	0,04	0,59	0,03	0,11	0,25	0,12	0,24	0,63	0,06	0,50
FC TPI	0,20	0,04	0,17	0,06	0,04	0,02	0,38	0,02	0,23	0,33	0,02	0,25	0,05	0,22	0,63	0,04	0,42
FC MSW	0,27	0,29	0,54	0,46	0,33	0,35	0,38	0,12	0,45	0,33	0,21	0,25	0,26	0,32	0,63	0,33	0,67

KETERANGAN:

CC < 0,5	Depleted
0,5 < CC < 2	Normal
2 < CC < 5	Slightly enriched

**PEMBAHASAN**

**Kandungan LTJ dan Unsur Jejak (*Trace Elements*) pada Batubara Hasil Uji Petik**

Berdasarkan hasil analisis geokimia ICP-MS, konsentrasi LTJ pada tiap *ply* batubara cukup bervariasi di daerah evaluasi. Secara keseluruhan, konsentrasi rata-rata LTJ pada kedua *seam* batubara berada di bawah rata-rata konsentrasi *world low-rank coal* (Gambar 9).

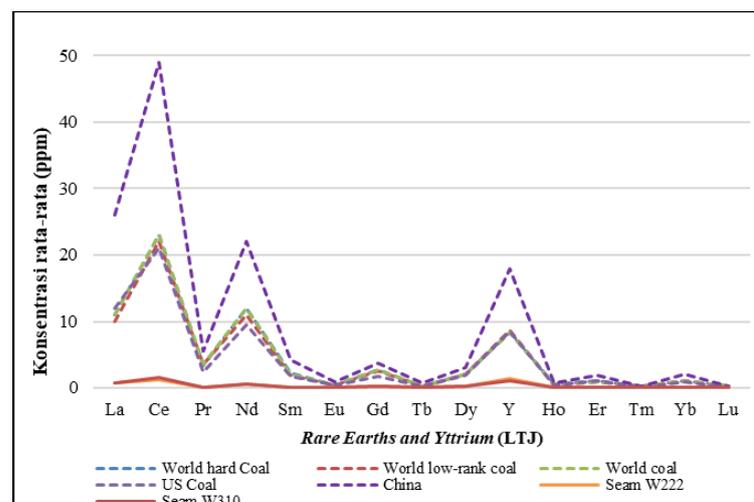
Secara keseluruhan, sampel W222-S16 pada *seam* W222 memiliki konsentrasi LTJ tertinggi yaitu sebesar 16,28 ppm diikuti sampel W310-S02 pada *seam* W310 sebesar 15,64 ppm. Sementara itu, pada batuan sedimen non-batubara didapatkan nilai konsentrasi LTJ yang bervariasi, namun secara umum nilai konsentrasinya

lebih tinggi dibandingkan pada *ply* batubara, misalnya pada sampel W222-S17 *Floor* yang memiliki konsentrasi LTJ 154,86 ppm dan W310-S07 *Floor* dengan konsentrasi 121,6 ppm.

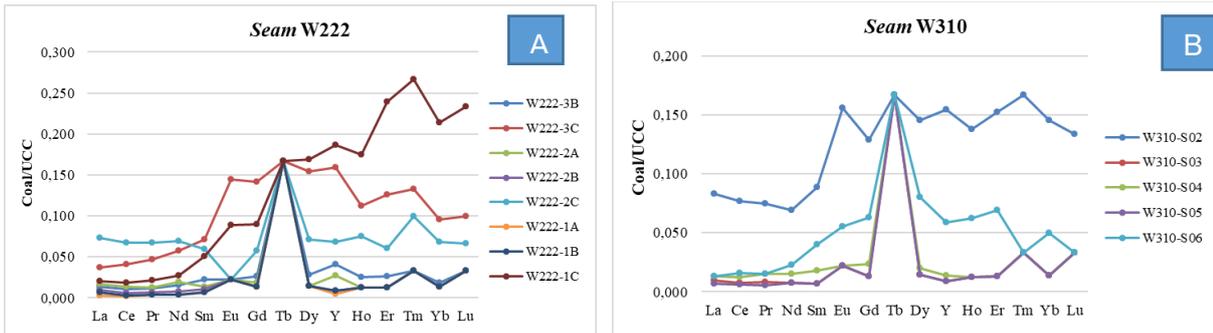
Dibandingkan dengan *Upper Continental Crust* (UCC), tipe distribusi LTJ pada batubara dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu LLTJ (Tipe L), MLTJ (Tipe M) dan HLTJ (Tipe H) Konsentrasi LTJ pada batubara daerah evaluasi secara umum mengalami peningkatan dari Eu hingga ke Tb, kemudian mengalami penurunan dari Tb hingga Lu, atau dengan kata lain konsentrasi MLTJ lebih tinggi daripada konsentrasi LLTJ dan HLTJ (Gambar 10 A dan B). Sementara itu, terdapat satu sampel yaitu W222-1C yang mengalami

peningkatan dari La hingga Lu, atau dengan kata lain konsentrasi HLTJ lebih tinggi daripada konsentrasi LLTJ. Namun demikian, secara umum tipe distribusi LTJ dari perhitungan  $coal/UCC$  menunjukkan tipe-M dengan MLTJ yang semakin terkayakan pada batubara daerah evaluasi. Terkait evaluasi prospeksi abu batubara sebagai *raw material LTJ*, perhitungan dilakukan pada nilai  $REO_{ash}$  yang didapatkan dengan membagi konsentrasi *LTJ oxide* (REO) dengan *ash yield* tiap sampel batubara. Berdasarkan uji coba pembakaran pada batubara Far East, Russia, *cut-off grade* yang menguntungkan untuk ekstraksi yaitu berada pada nilai 1000 ppm (Seredin 2004 dalam Seredin dan Dai, 2012). Batubara daerah evaluasi menunjukkan nilai  $REO_{ash}$  yang masih berada di bawah nilai *cut-off*, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua sampel batubara masuk dalam kategori *unpromising* (Gambar 11).

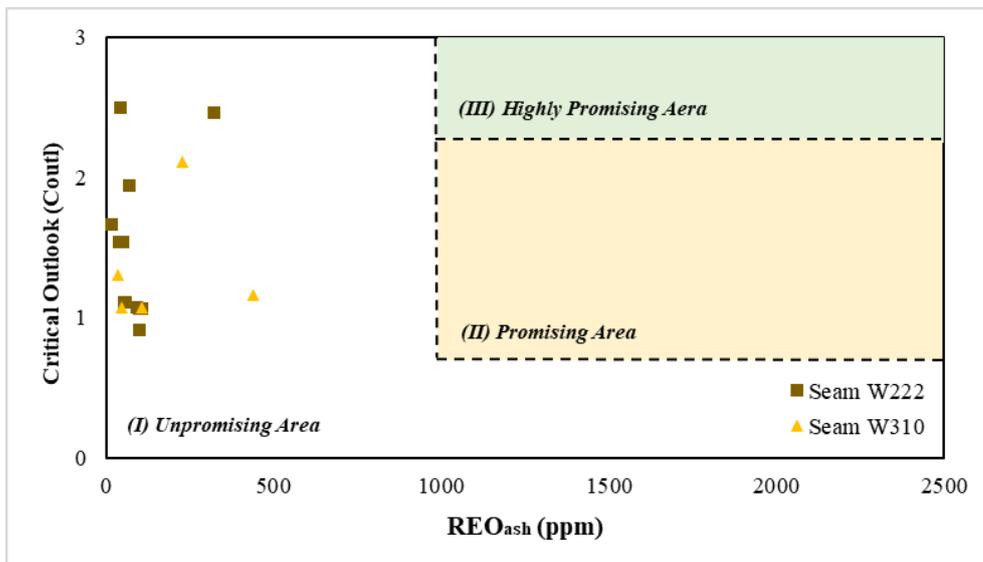
Seredin dan Dai (2012) melakukan perumusan lebih lanjut untuk mengevaluasi LTJ sebagai *raw material* pada abu batubara dengan melakukan *plotting*  $LTJ_{def,rel}$  vs  $C_{outlook}$  serta *plotting*  $REO_{ash}$  vs  $LTJ_{def,rel}$  (Dai dkk., 2016). Seredin dan Dai (2012) menyatakan bahwa agar suatu batubara dapat memiliki nilai ekonomis, salah satu kriteria yang harus terpenuhi yaitu individu LTJ *critical* harus terkandung lebih banyak dibandingkan individu LTJ *excessive*. Hasil *plotting* menunjukkan bahwa batubara daerah evaluasi cenderung berada pada area *promising* yang ditunjukkan oleh sampel batubara W222-S05, W222-S16, dan W310-S06 dengan nilai  $C_{outlook} > 2$  dan  $LTJ_{def,rel} > 51\%$ . Hasil *plotting* tersebut juga menunjukkan batubara daerah evaluasi membentuk *cluster* pada area *promising* serta terdapat satu sampel yang termasuk ke dalam *highly promising area* yaitu sampel W222-S16 (Gambar 12).



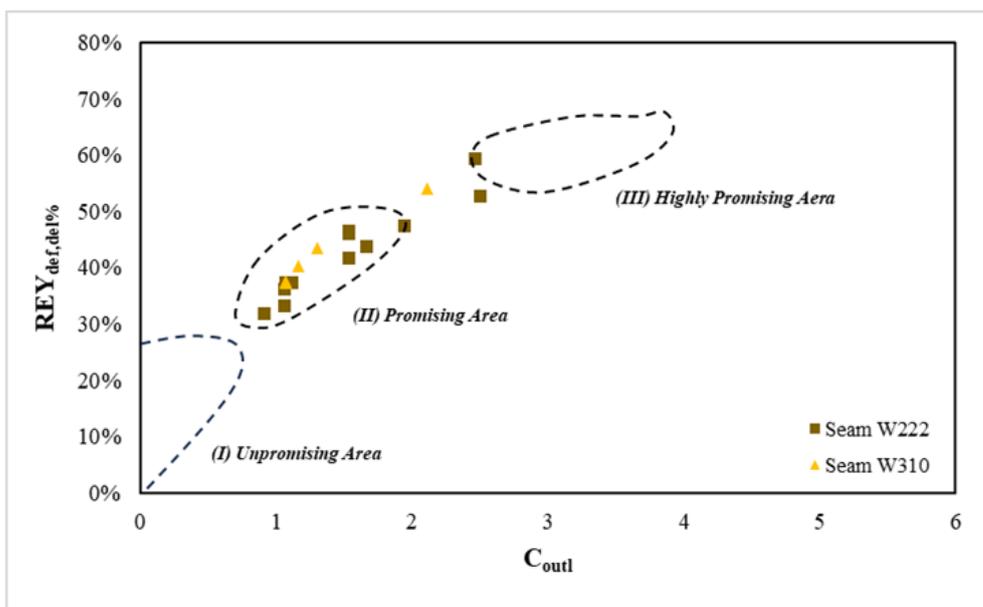
**Gambar 9.** Perbandingan konsentrasi rata - rata LTJ pada tiap seam dengan batubara *world hard coal*, *world low-rank coal*, China coal dan US coal berdasarkan Dai dkk. (2016)



Gambar 10. A. Tipe distribusi pada daerah evaluasi (Seam W222) berupa Tipe-M dan Tipe-H. B. Tipe distribusi pada daerah evaluasi (Seam W310) berupa Tipe-M



Gambar 11. Grafik evaluasi konsentrasi LTJ pada batubara daerah evaluasi



Gambar 12. Hasil plot antara nilai C<sub>outl</sub> dan LTJ<sub>def,rel</sub> pada diagram Seredin dan Dai (2012)

### **Pengayaan Unsur Jejak (*Trace Elements*) dan Unsur Berharga (*Valuable Elements*) pada Batubara**

Penentuan evaluasi pengayaan unsur jejak pada batubara dilakukan dengan menggunakan perhitungan *Concentration Coefficient* (CC) seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Perhitungan CC pada sampel batubara daerah evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar unsur jejak pada sampel termasuk ke dalam kategori *normal* ( $0,5 < CC < 2$ ) dan *depleted* ( $CC < 0,5$ ). Secara rata-rata, sampel batubara *seam* W-222 diklasifikasikan sebagai pengayaan normal pada unsur Sn dengan nilai 0,63 dan W dengan nilai 0,54, sedangkan unsur lainnya seperti Ba, Ga, Sr, Zr, Hf, Nb, Ta, U, V, Cr, Cs, Ge, Rb, Sc, dan Th dikategorikan sebagai *depleted*. Sementara itu, pada sampel batubara *seam* W-310 diklasifikasikan sebagai pengayaan normal pada unsur Sn dengan nilai 0,71, sedangkan kategori *depleted* pada unsur Ba, Ga, Sr, Zr, Hf, Nb, Ta, U, V, Cr, Cs, Ge, Rb, Sc, Th, dan W.

Berdasarkan individu sampel batubara, terdapat tiga sampel batubara yang terkategori sebagai *slightly enriched* ( $2 < CC < 5$ ) dengan kisaran nilai CC sebesar 2,15 - 2,42, yaitu sampel W222-S05, W222-S16 pada *seam* W-222, dan W310-S05 pada *seam* W-310. Sampel W222-S05 mengalami pengayaan berupa unsur Sn sebesar 2,15, sedangkan sampel W222-S16 mengalami pengayaan berupa

unsur V sebesar 2,23 dan Sc sebesar 2,27. Sementara itu, sampel W310-S05 mengalami pengayaan unsur berupa W dengan nilai sebesar 2,42 (Gambar 13).

Pengayaan vanadium (V) dan skandium (Sc) pada sampel W222-S16 dikontrol oleh keberadaan mineral oksida Ti dan kemungkinan oleh afinitas mineral aluminosilikat. Mineral aluminosilikat, terutama kaolinit, merupakan pembawa unsur V yang dominan pada beberapa sampel batubara berdasarkan koefisien korelasi yang tinggi dengan  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$ . Karakteristik keterdapatannya vanadium memiliki kesamaan dengan beberapa unsur seperti berilium, skandium, titanium dan aluminium, yang memiliki signifikansi untuk terikat pada material organik di batubara peringkat rendah (Finkelman *et al.*, 2018). Selain itu, konsentrasi vanadium dan scandium yang tinggi dapat juga disebabkan oleh tingginya material organik seperti alginat dan barkinite, yang telah terbukti menjadi agen dalam akumulasi vanadium dan scandium (Dai *et al.*, 2012; 2013).

### **Kandungan LTJ dan Unsur Jejak (*Trace Elements*) pada Fly Ash/Bottom Ash (FABA) PLTU**

Hasil analisis konsentrasi individu LTJ yang terkandung pada sampel FABA dari PLTU Cirebon, Paiton, Tanjung Jati, Bali, TPI dan MSW secara umum menunjukkan pengayaan sekitar 10-15 kali

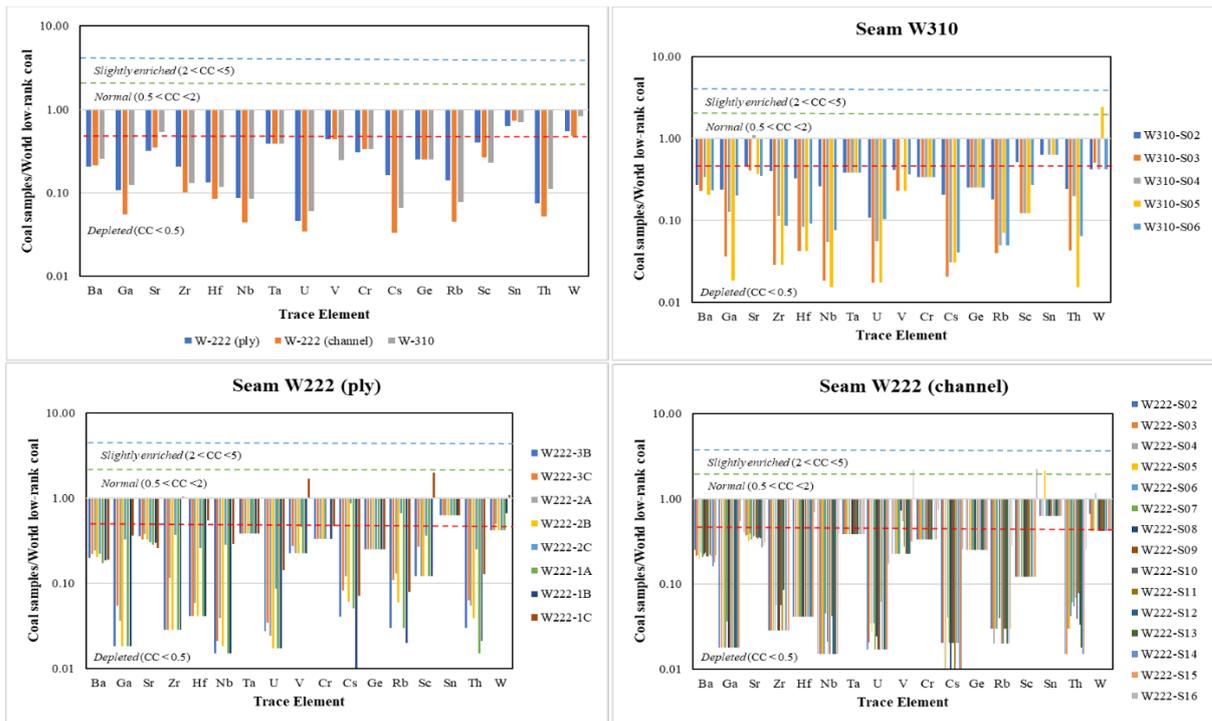
lipat dibandingkan dengan kelimpahan individu LTJ pada batubara asalnya.

Prospeksi kelimpahan LTJ dilakukan untuk memperkirakan potensi ekonomi sebagai *raw material LTJ* yang terkandung pada FABA. Prospeksi kelimpahan LTJ dapat ditinjau dari dua parameter yaitu konsentrasi oksida LTJ atau REO serta nilai  $C_{outl}$  pada sampel FA dan BA. Konsentrasi rata-rata REO pada *coal ashes* berkisar antara 483 ppm (dunia) dan 621 ppm (USA) (Seredin dan Dai, 2012). Nilai batas minimum (*cut-off grade*) konsentrasi REO yang dapat diekstraksi secara ekonomis adalah sebesar  $\geq 1000$  ppm (Seredin and Dai, 2012).

Seiring berjalannya waktu, harga komoditas LTJ terus mengalami kenaikan sehingga nilai *cut-off grade* yang lebih rendah mulai diterapkan pada ekstraksi berbagai peringkat batubara, seperti halnya yang dilakukan oleh Blissett *et al.* (2014), dimana menggunakan nilai *cut-off grade* konsentrasi REO sebesar  $\geq 500$  ppm. Sementara itu, NETL (2016) menggunakan *cut-off grade* konsentrasi REO sebesar  $\geq 300$  ppm. Hal tersebut disebabkan karena pengembangan lebih lanjut dari proses ekstraksi yang lebih efisien dan permintaan LTJ yang terus meningkat, sehingga menjadikan FABA sebagai produk sampingan pembakaran batubara dapat lebih menarik untuk diselidiki dan dilakukan ekstraksi.

Grafik perbandingan nilai konsentrasi total REO pada sampel FABA PLTU terhadap data hasil penelitian Blissett *et al* (2014) dan *cut-off grade* menurut NETL (2016) dapat dilihat pada Gambar 15. Terlihat bahwa secara umum konsentrasi total REO pada FA lebih tinggi dibandingkan dengan BA. Konsentrasi total REO pada sampel FA dan BA seluruhnya bernilai kurang dari 1000 ppm, serta bernilai lebih rendah dari rata-rata konsentrasi REO di dunia dan USA. Konsentrasi total REO pada seluruh sampel FA masih berada di bawah dari nilai *cut-off grade*  $\geq 500$  ppm, sampel yang paling mendekati nilai *cut-off grade* tersebut adalah sampel FA Tanjung Jati 3/4 dimana memiliki nilai Total REO tertinggi sebesar 307,4 ppm. Sementara itu, apabila menggunakan *cut-off grade* NETL (2016) sebesar  $\geq 300$  ppm, sampel FA Tanjung Jati 3/4 berada di atas nilai tersebut, sehingga memiliki peluang dan berpotensi untuk dilakukan ekstraksi LTJ. Berdasarkan parameter konsentrasi total REO-nya, sampel BA cenderung kurang ekonomis untuk dilakukan ekstraksi LTJ dibandingkan dengan FA.

Parameter kedua yang dapat digunakan untuk mengestimasi kelimpahan LTJ adalah  $C_{outl}$ . Semakin tinggi nilai  $C_{outl}$ , maka potensi untuk memperoleh kelimpahan LTJ yang bernilai ekonomis akan semakin besar.



**Gambar 13.** Grafik unsur-unsur jejak dengan penentuan pengayaan berdasarkan nilai *concentration coefficient* (CC). Nilai CC merupakan nilai dari *world low-rank coal*, merujuk dari Ketris dan Yudovich (2009)

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada seluruh sampel FAB A dari ketujuh PLTU tersebut diperoleh bahwa secara umum kelimpahan total *critical* LTJ pada sampel FA sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan total *critical* LTJ pada sampel BA. Nilai konsentrasi total *critical* LTJ pada sampel FA berkorelasi positif terhadap besarnya nilai persentase *critical* LTJ dan nilai  $C_{outl}$ . Secara keseluruhan, nilai persentase *critical* LTJ pada sampel FA berada di atas 35% dan lebih tinggi jika dibandingkan dengan data penelitian terdahulu oleh Blissett *et al* (2014). Selain itu seluruh sampel FA memiliki nilai  $C_{outl} > 1,0$ , dan keseluruhan nilai  $C_{outl}$  pada sampel FA juga menunjukkan nilai yang lebih tinggi

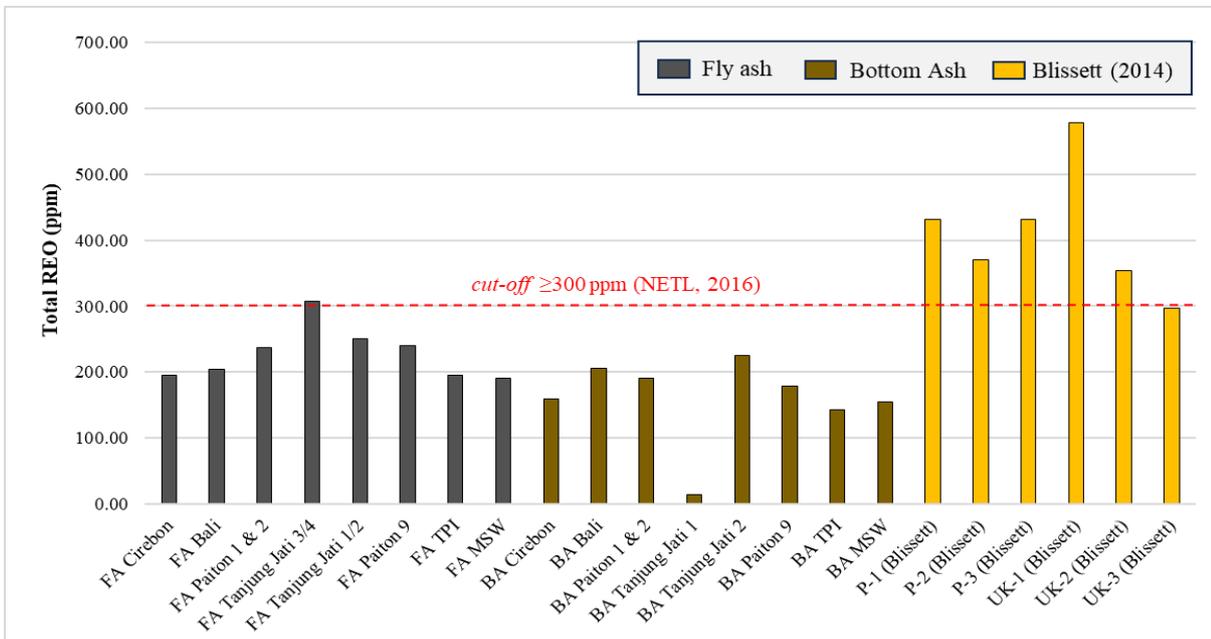
dibandingkan data hasil penelitian terdahulu (Gambar 15).

Untuk melakukan evaluasi komparatif abu batubara dengan LTJ dalam hal potensi nilai industri, maka nilai  $C_{outl}$  dan persentase *critical* LTJ kemudian diplotkan pada grafik  $LTJ_{def} - C_{outl}$  untuk *LTJ-rich coal ashes* yang dapat membagi menjadi tiga kluster (Seredin dan Dai, 2012), di mana sumbu y merupakan persentase *critical elements* dalam total LTJ ( $REY_{def, rel}$ ) dan sumbu x menunjukkan *outlook coefficient* ( $C_{outl}$ ).

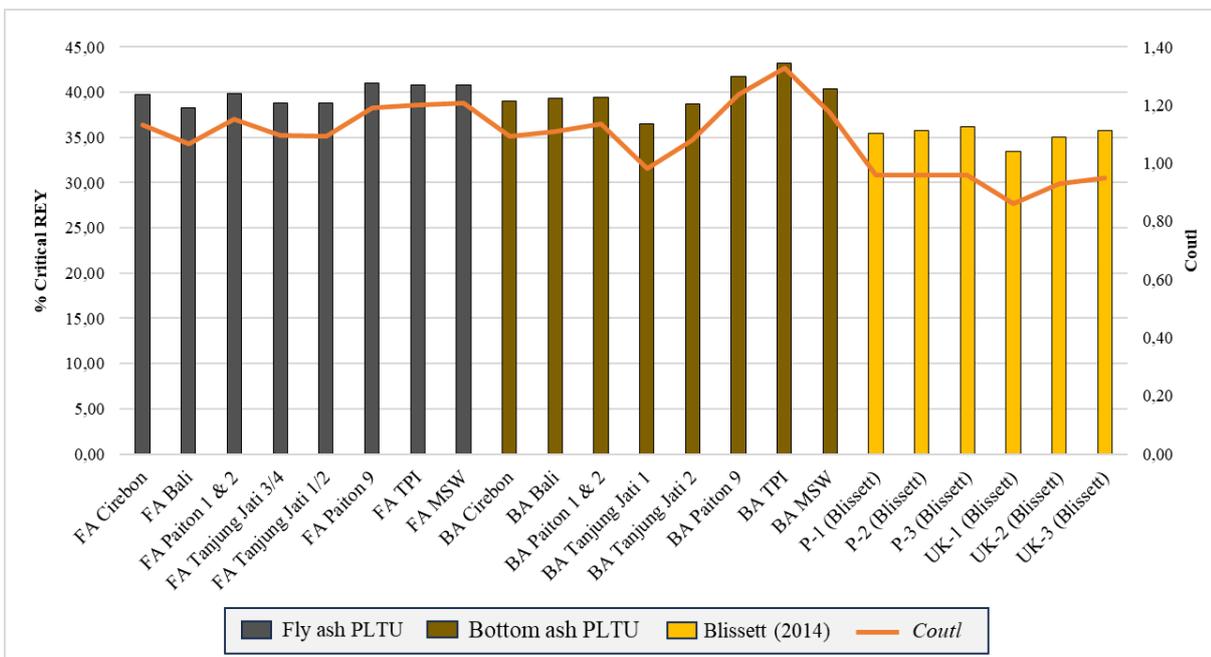
Hasil *plotting* pada grafik  $LTJ_{def} - C_{outl}$  untuk *LTJ-rich coal ashes* menunjukkan bahwa sampel FA dari ketujuh PLTU yang diteliti termasuk dalam Kluster II yang dicirikan oleh kelimpahan

critical LTJ dengan kisaran 30% - 51% dan nilai  $C_{out} > 1$  (Gambar 16). Menurut Seredin dan Dai (2012), kluster ini memiliki potensi LTJ yang ekonomis sebagai *raw material*

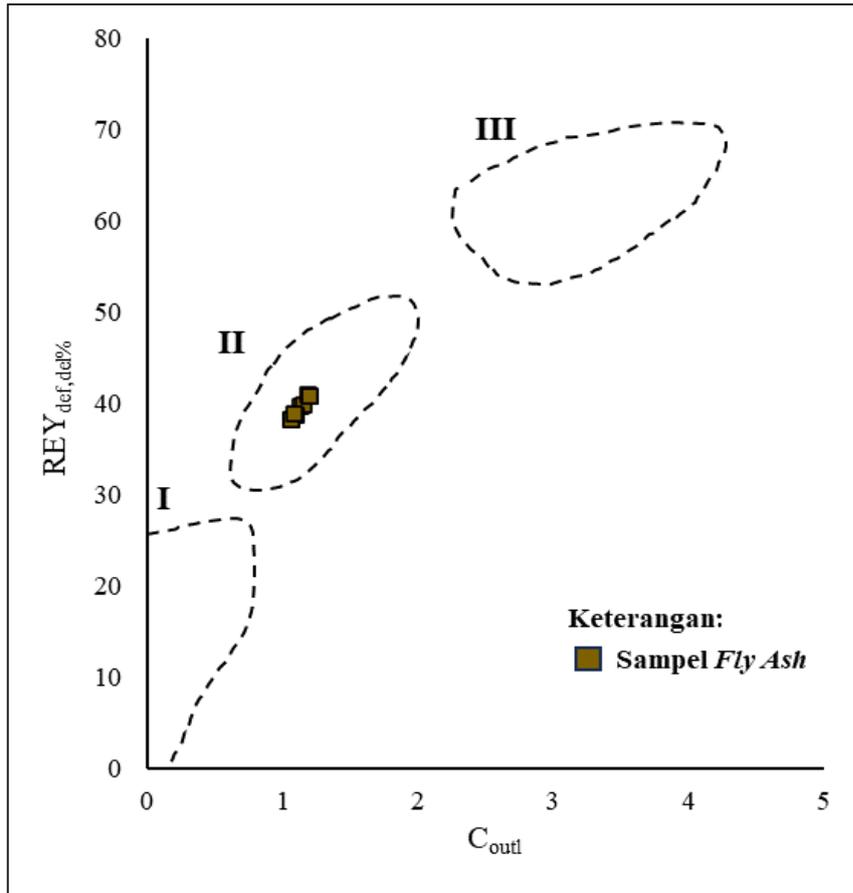
LTJ. Oleh karena itu, sampel FA pada PLTU yang diteliti berpotensi secara ekonomis untuk dilakukan ekstraksi.



Gambar 14. Grafik perbandingan nilai konsentrasi total REO pada sampel FABA PLTU terhadap data hasil penelitian terdahulu dan *cut-off grade* menurut NETL (2016)



Gambar 15. Grafik perbandingan nilai presentase *critical* LTJ terhadap  $C_{out}$  pada sampel FABA terhadap data hasil penelitian terdahulu



**Gambar 16.** Hasil plotting nilai  $C_{outl}$  dan persentase *critical* LTJ sampel FA pada grafik  $LTJ_{def} - C_{outl}$  untuk LTJ-rich coal ashes (Seredin dan Dai, 2012), dimana kluster I : *unpromising*, II : *promising*, dan III : *highly promising*

### Pengayaan Unsur Jejak (*Trace Elements*) dan Unsur Berharga (*Valuable Elements*) pada FABA

Evaluasi pengayaan unsur jejak pada FABA dilakukan dengan perhitungan *Concentration Coefficient* (CC). Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar unsur jejak termasuk ke dalam kategori *normal* ( $0,5 < CC < 2$ ) dan *depleted* ( $CC < 0,5$ ). Secara rata-rata, sampel *fly ash* diklasifikasikan sebagai pengayaan normal pada unsur Ba (1,62), Ga (0,81), Sr (1,96), Zr (0,91), Hf (0,61), Nb (0,57), Ta (0,50), V (1,21), Cr (0,99), Cs (1,21), Rb (1,24), Sc

(1,01), Sn (0,59), Th (0,61), dan W (0,55); sedangkan dua unsur lainnya yaitu U (0,29) dan Ge (0,33) dikategorikan sebagai *depleted*. Sementara itu, pada sampel *bottom ash* diklasifikasikan sebagai pengayaan normal pada unsur Ba (1,01), Ga (0,51), Sr (1,08), Zr (0,73), V (0,85), Cr (0,88), Cs (0,68), Rb (0,74), dan Sc (0,75); sedangkan kategori *depleted* pada unsur Hf (0,49), Nb (0,40), Ta (0,36), U (0,17), Ge (0,17), Sn (0,21), Th (0,41), W (0,26).

Berdasarkan individu sampel *fly ash*, terdapat tujuh sampel yang dikategorikan sebagai *slightly enriched* (2

<CC< 5) pada beberapa unsur jejaknya, yaitu sampel FA dari PLTU Cirebon, Bali, Paiton 1&2, Tanjung Jati 3/4, Tanjung Jati 1/2, MSW, dan TPI. Sampel FA pada PLTU Cirebon mengalami pengayaan berupa unsur Ba sebesar 2,24, sampel FA Bali mengalami pengayaan berupa unsur Cs sebesar 2, sampel FA Paiton 1&2 mengalami pengayaan berupa unsur Ba (2,07) dan Sr (2,23), sampel FA Tanjung Jati 3/4 mengalami pengayaan pada unsur Cs (2,4) dan Rb (2,44), sampel FA Tanjung Jati 1/2 mengalami pengayaan pada unsur Sr sebesar 2,44, sampel FA MSW dan TPI mengalami pengayaan unsur Sr sebesar 2,92 dan 2,82 (Gambar 17).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Konsentrasi total LTJ pada FABA sebesar 82,37 ppm – 254,58 ppm sedangkan konsentrasi total LTJ pada batubara asal sebesar 2,57 ppm – 16,25 ppm. Konsentrasi total LTJ yang terkandung pada FABA mengalami pengayaan sekitar 10-15 kali lipat dibanding pada batubara asalnya. Konsentrasi REO pada FABA sebesar 99,44 ppm – 307,40 ppm. Keseluruhan nilai persentase *critical LTJ* pada sampel FA berada di atas 30% dan memiliki nilai  $C_{out} > 1,0$ . Sampel FA dari PLTU yang diteliti termasuk dalam Kluster II sebagai *promising raw material*.

Konsentrasi total LTJ pada sampel batubara Formasi Warukin berkisar antara 0,76 ppm dan 16,28 ppm, dengan konsentrasi total LTJ pada batubara tertinggi pada sampel W222-S16. Berdasarkan hasil analisis  $C_{out}$ , keseluruhan sampel masuk ke dalam *unpromising area*.

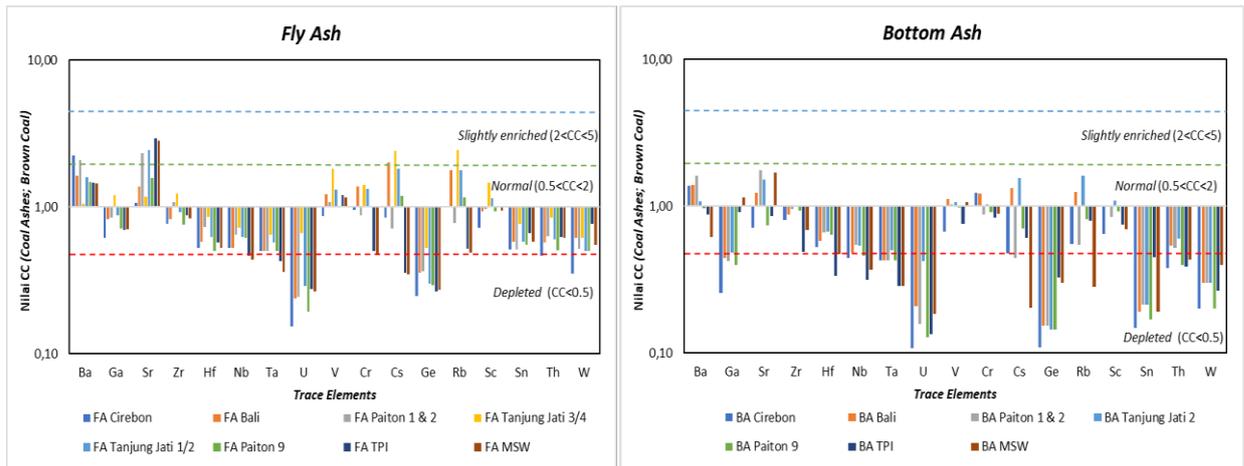
Perhitungan CC pada sampel batubara untuk *trace* dan *valuable elements*, menunjukkan bahwa sebagian besar unsur jejak pada sampel termasuk ke dalam kategori *normal* ( $0,5 < CC < 2$ ) dan *depleted* ( $CC < 0,5$ ). Meskipun berdasarkan individu sampel batubara, terdapat tiga sampel batubara yang terkategori sebagai *slightly enriched* ( $2 < CC < 5$ ). Sampel tersebut mengalami pengayaan berupa unsur Sn sebesar 2,15. Sedangkan sampel lainnya mengalami pengayaan berupa unsur V sebesar 2,23, Sc sebesar 2,27 dan W sebesar 2,42. Hal tersebut menunjukkan bahwa batubara di daerah evaluasi kurang mendapatkan pengayaan untuk *trace* dan *valuable elements*-nya.

### Saran

Hasil evaluasi yang dilakukan pada sampel batubara dan abu batubara dari Formasi Warukin dan PLTU di Jawa, Kalimantan dan Bali menunjukkan hasil yang mengindikasikan adanya potensi REE dalam batubara. Meskipun nilainya masih di bawah dari batubara yang berumur Eosen. Untuk itu fokus

penyelidikan untuk kegiatan lanjutan, baik itu berupa penyelidikan lapangan dan penelitian lainnya akan lebih baik bila lebih difokuskan pada batubara yang berumur Eosen dengan lebih mendetail seperti dengan cara melakukan analisis

laboratorium pada banyak sampel batubara dan abunya. Selain analisis LTJ, perlu juga ditambahkan analisis *valuable elements* seperti unsur Vanadium dan Lithium yang saat ini sedang banyak dicari.



**Gambar 17.** Grafik unsur-unsur jejak dengan penentuan pengayaan berdasarkan nilai *concentration coefficient* (CC). Nilai CC merupakan nilai dari *world coal ashes-brown coal*, diambil dari Ketris dan Yudovich (2009)

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, F., Amijaya, D.H., Harijoko, A., Tambaria, T.N., Sahri, A.A., Asa, Z.A.N., 2018. Rare earth element and yttrium content of coal in the Banko coalfield, South Sumatra Basin, Indonesia: Contributions from tonstein layers. *Int J Coal Geol* 196, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2018.07.006>
- Anggara, F., Patria, A.A., Rahmat, B., Wibisono, H., Putera, M.Z.J., Petrus, H.T.B.M., Erviana, F., Handini, E., Amijaya, D.H., 2024. Signature characteristics of coal geochemistry from the Eocene Tanjung Formation and the Miocene Warukin Formation, Barito Basin: Insights into geological control on coal deposition and future critical element prospection. *Int J Coal Geol*.
- Anggara, F., Petrus, H.T.B.M., Patria, A.A., Bangun, A.S. V., 2020. Preliminary Study of Rare Earth Element and Yttrium (REY) Content of Coal In Sangatta Coalfield, East Kalimantan, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience* 7, 305–314. <https://doi.org/10.17014/ijog.7.3.305-314>

- Blissett, R.S.S., Smalley, N., Rowson, N.A.A., 2013. An investigation into six coal fly ashes from the United Kingdom and Poland to evaluate rare earth element content. *Fuel* 119, 236–239. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.11.053>
- Dai, S., Graham, I.T., Ward, C.R., 2016. A review of anomalous rare earth elements and yttrium in coal. *Int J Coal Geol* 159, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2016.04.005>
- Dai, S., Jiang, Y., Ward, C.R., Gu, L., Seredin, V. V., Liu, H., Zhou, D., Wang, X., Sun, Y., Zou, J., Ren, D., 2012a. Mineralogical and geochemical compositions of the coal in the Guanbanwusu Mine, Inner Mongolia, China: Further evidence for the existence of an Al (Ga and REE) ore deposit in the Jungar Coalfield. *Int J Coal Geol* 98, 10–40. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2012.03.003>
- Dai, S., Ren, D., Chou, C.L., Finkelman, R.B., Seredin, V. V., Zhou, Y., 2012b. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: A review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization. *Int J Coal Geol* 94, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.02.003>
- Finkelman, R.B., Palmer, C.A., Wang, P., 2018. Quantification of modes of occurrence of 42 elements in coal. *Int. J. Coal Geol.* 185, 138–160. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.09.005>
- Humphries, M., 2010. CRS Report for Congress Rare Earth Elements: The Global Supply Chain.
- Ketris, M. P. and Yudovich, Y. E. 2009, Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals: *International Journal of Coal Geology*, 78(2), pp. 135–148. doi: 10.1016/j.coal.2009.01.002.
- Patria, A.A., Anggara, F., 2022. Petrological, mineralogical, and geochemical compositions of coal in the Ombilin Basin, West Sumatra, Indonesia. *Int J Coal Geol* 262, 104099. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2022.104099>
- Seredin, V. V., 1996. Rare earth element-bearing coals from the Russian Far East deposits. *Int J Coal Geol* 30, 101–129. [https://doi.org/10.1016/0166-5162\(95\)00039-9](https://doi.org/10.1016/0166-5162(95)00039-9)
- Seredin, V. V., Dai, S., 2012. Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium. *Int J Coal Geol* 94, 67–93. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.11.001>
- Seredin, V. V., Dai, S., Sun, Y., Chekryzhov, I.Y., 2013. Coal deposits as promising sources of rare metals for alternative power and energy-efficient technologies. *Applied Geochemistry* 31, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.01.009>
- Tambaria, T.N., Amijaya, H., Anggara, F., 2017. Intrusion Effect to Rare Earth Element Enrichment on Coal in Air Laya Area, South Sumatera, in: *International Symposium on Earth Science and Technology 2017*. Fukuoka, Japan, pp. 684–689.

## PENYUSUNAN STANDAR KINERJA DAN SOP PENYELIDIKAN ASPAL BUTON

**Rizki Satria Rachman, Rahmat Hidayat, Fatimah, dan Eko Budi Cahyono**

Kelompok Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

### SARI

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) memiliki tugas melakukan penyelidikan salah satunya di bidang sumber daya aspal. Untuk meningkatkan kualitas data sumberdaya dan cadangan aspal di Indonesia diperlukan adanya suatu Standar Kinerja Penyelidikan dan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menyeragamkan tata cara melakukan penyelidikan Aspal Buton, khususnya yang dilakukan oleh PSDMBP. Hasilnya, pada tahun 2023, telah disusun Standar Kinerja dan SOP penyelidikan Aspal Buton. Standar kinerja penyelidikan Aspal Buton meliputi 11 parameter indikator kinerja untuk 3 tahapan eksplorasi yaitu Survey Tinjau, Prospeksi dan Eksplorasi Umum. SOP yang disusun terdiri dari SOP Survey Tinjau Aspal Buton, SOP Prospeksi Aspal Buton, SOP Eksplorasi Umum Aspal Buton, SOP Pengiriman Sampel Aspal Ke Laboratorium, SOP Survei Geolistrik Aspal Buton, SOP *Survei Ground Penetrating Radar* (GPR) Aspal Buton, dan SOP Pengambilan Sampel Aspal Buton.

**Kata kunci:** Aspal Buton, Standar Kinerja Penyelidikan, *Standard Operating Procedure* (SOP).

### PENDAHULUAN

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) memiliki tugas dan fungsi menyelenggarakan penyelidikan dan pelayanan di bidang sumber daya mineral, batubara, dan panas bumi. Kegiatan penyelidikan yang dilakukan oleh PSDMBP meliputi beberapa komoditas salah satunya adalah penyelidikan aspal, yang mencakup kegiatan lapangan dan non lapangan, untuk mengetahui potensi aspal baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Penyelidikan aspal dilakukan dalam upaya

menyediakan data sumberdaya dan cadangan aspal di Indonesia.

Data sumberdaya dan cadangan aspal di Indonesia banyak dibutuhkan untuk berbagai kepentingan, baik untuk kepentingan investasi, maupun perencanaan pengelolaan sumberdaya alam. Agar data yang diperoleh memiliki hasil yang baik, maka diperlukan adanya suatu standar penyelidikan yang dapat diacu sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain itu, *Standard Operating Procedure* (SOP) juga diperlukan untuk

menyeragamkan tata cara melakukan penyelidikan aspal.

Standar kinerja merupakan suatu target, sasaran, tujuan dan upaya kerja karyawan dalam kurun waktu tertentu. Sedangkan SOP merupakan pedoman yang berisi langkah-langkah yang harus dilakukan untuk memastikan agar semua keputusan dan tindakan, serta penggunaan fasilitas-fasilitas oleh karyawan di dalam organisasi dapat berjalan efektif, efisien, konsisten, standar dan sistematis. Hingga tahun 2022, standar kinerja dan SOP penyelidikan aspal masih berupa draf. Oleh karena itu, kegiatan pada tahun 2023 ini dilakukan untuk menyelesaikan penyusunan standar kinerja dan SOP penyelidikan aspal.

## **METODOLOGI**

Kegiatan penyusunan standar kinerja dan SOP penyelidikan Aspal Buton terbagi menjadi beberapa tahapan meliputi:

- Pengumpulan data sekunder berupa Undang-Undang, Peraturan pemerintah, Standar Nasional Indonesia (SNI), panduan kegiatan lapangan, SOP lain, serta draft SOP yang telah disusun sebelumnya.
- Rapat internal Kelompok Kerja Batubara terkait pembagian tugas penyusunan, serta pembahasan standar kinerja dan SOP.

- Penyempurnaan standar kinerja dan draft SOP terkait penyelidikan Aspal Buton.
- Evaluasi hasil penyusunan standar kinerja dan SOP.
- Pembuatan laporan akhir.

Selain rapat internal, pembahasan Standar Kinerja dan SOP ini juga dilakukan melalui *Focus Group Discussion* (FGD) dan seminar untuk mendapatkan masukan dari berbagai kalangan tentang aspal Buton pada umumnya dan standar kinerja pada khususnya.

## **HASIL KEGIATAN**

### **Standar Kinerja**

Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton mencakup 11 parameter indikator kinerja yang harus dipenuhi pada setiap kegiatan penyelidikan (Gambar 1). Parameter tersebut adalah: luas daerah penyelidikan, acuan data sekunder, metode penyelidikan, kerapatan titik pengamatan, panjang lintasan penyelidikan, jumlah pelaksana, waktu penyelidikan, metode pengambilan sampel, jumlah sampel, analisis laboratorium, serta keluaran (*output*) berupa laporan dan peta. Standar Kinerja ini dibedakan berdasarkan tahapan kegiatannya (Survei Tinjau, Prospeksi dan Eksplorasi Umum) dengan mempertimbangkan bahwa intensitas setiap parameter akan berbeda sesuai dengan tingkat keyakinan geologinya.

PARAMETER INDIKATOR KINERJA	TAHAPAN EKSPLORASI			
	SURVEI TINJAU	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Luas Daerah	Tidak dibatasi (regional / menyesuaikan dengan target)	Dibatasi sesuai blok prospek / menyesuaikan dengan target	Dibatasi sesuai target lebih detail (menyesuaikan dengan target)	Tahap eksplorasi ini akan dilengkapi oleh badan usaha
Data Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peta geologi skala <math>\geq 1:250.000</math></li> <li>Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000</li> <li>Laporan penyelidikan terdahulu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peta geologi skala 1:250.000 s/d 1:100.000</li> <li>Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000</li> <li>Laporan survei tinjau</li> <li>Laporan penyelidikan terdahulu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peta geologi skala 1:100.000</li> <li>Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000</li> <li>Laporan survei tinjau</li> <li>Laporan prospeksi</li> <li>Laporan penyelidikan terdahulu</li> </ul>	
Metode Penyelidikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studi geologi regional</li> <li>Interpretasi inderaja <math>\rightarrow</math> diantaranya interpretasi Digital Elevation Model (DEM), foto udara, LiDAR</li> <li>Penyelidikan lapangan pendahuluan/pemetaan geologi awal</li> <li>Pengambilan sampel dan analisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemetaan geologi blok prospek</li> <li>Pemetaan topografi</li> <li>Pengukuran penampang stragrafi (pps)</li> <li>Pengeboran kedalaman &lt;50m (<i>outcrop drilling</i>)</li> <li>Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi)</li> <li>Pengambilan sampel dan analisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemetaan geologi blok detail</li> <li>Pemetaan topografi</li> <li>Pengeboran sistematis kedalaman &lt;50m (<i>infill drilling</i>)</li> <li>Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi)</li> <li>Pengambilan sampel dan analisis</li> </ul>	
Kerapatan Titik Pengamatan ( <i>singkapan, titik bor</i> )	Tidak dibatasi (menyesuaikan keyakinan geologi)	Tidak dibatasi (menyesuaikan keyakinan geologi)	Minimal 500 meter (menyesuaikan keyakinan geologi)	
Panjang Lintasan ( <i>pengukuran penampang stratigrafi, survei geofisika seismik</i> )	Tidak dibatasi	Menyesuaikan dengan luas blok prospek	Menyesuaikan dengan luas blok eksplorasi umum	
Jumlah Personil (orang)	5 orang terdiri: <ul style="list-style-type: none"> <li>3 ahli geologi</li> <li>2 teknisi</li> </ul>	3 orang tim geologi terdiri: <ul style="list-style-type: none"> <li>2 ahli geologi</li> <li>1 teknisi</li> </ul> 4 orang tim pengeboran terdiri: <ul style="list-style-type: none"> <li>4 juru bor</li> </ul>	3 orang tim geologi terdiri: <ul style="list-style-type: none"> <li>2 ahli geologi</li> <li>1 teknisi</li> </ul> 4 orang tim pengeboran terdiri: <ul style="list-style-type: none"> <li>4 juru bor</li> </ul>	
Waktu yang Diperlukan (hari)	25-30 hari	40-45 hari	45-60 hari	
Metode Pengambilan Sampel	Grab <i>sampling</i>	Grab <i>sampling</i> , inti pengeboran	Grab <i>sampling</i> , inti pengeboran	
Jumlah Titik Pengambilan Sampel Asbuton	Minimal 4 sampel	Minimal 10 sampel	Minimal 15 sampel	
Analisis Laboratorium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekstraksi asbuton</li> <li>Pirolisis batuan</li> <li>Retort</li> <li>TOC</li> <li>Ultimat</li> <li>Kadar air (moisture)</li> <li>Berat Jenis</li> <li>Petrografi Organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekstraksi asbuton</li> <li>Pirolisis batuan</li> <li>Retort</li> <li>TOC</li> <li>Ultimat</li> <li>Kadar air (moisture)</li> <li>Berat Jenis</li> <li>Petrografi Organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekstraksi asbuton</li> <li>Pirolisis batuan</li> <li>Retort</li> <li>TOC</li> <li>Ultimat</li> <li>Kadar air (moisture)</li> <li>Berat Jenis</li> <li>Petrografi Organik</li> </ul>	
Keluaran (laporan dan peta)	Peta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel</li> <li>Peta geomorfologi</li> <li>Peta geologi dan sebaran asbuton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (singkapan, titik bor)</li> <li>Peta geomorfologi</li> <li>Peta geologi dan sebaran asbuton</li> </ul>	
	Penampang/ Sketsa/ Model	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penampang geologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penampang geologi</li> <li>Sketsa/profil singkapan, log bor skala 1:100</li> <li>Penampang lintasan survei geofisika</li> </ul>	
	Laporan	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya hipotetik	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya teraka	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya tertunjuk

Gambar 1. Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton

**Standard Operating Procedure (SOP)**

SOP (*Standard Operating Procedure*) pada dasarnya merupakan pedoman yang berisi langkah-langkah

yang digunakan untuk memastikan kegiatan yang dilakukan berjalan lancar. SOP yang telah disusun sebagai dasar

pelaksanaan kegiatan penyelidikan Aspal Buton, yaitu:

1. SOP Survei Tinjau Aspal Buton
2. SOP Prospeksi Aspal Buton
3. SOP Eksplorasi Umum Aspal Buton
4. SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium
5. SOP Survei Geolistrik Aspal Buton
6. SOP Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR) Aspal Buton
7. SOP Pengambilan Sampel Aspal Buton

Berikut uraian singkat SOP yang sudah disusun:

#### **SOP Survei Tinjau Aspal Buton**

SOP ini digunakan untuk penyelidikan awal Aspal Buton. SOP ini terdiri dari 13 langkah kegiatan disertai mutu bakunya, yang melibatkan 5 pihak pelaksana seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

#### **SOP Prospeksi Aspal Buton**

SOP ini digunakan untuk penyelidikan yang dilakukan setelah Survei Tinjau. SOP ini terdiri dari 19 langkah kegiatan disertai mutu bakunya dan melibatkan 5 pihak pelaksana (Gambar 3).

#### **SOP Eksplorasi Umum Aspal Buton**

SOP ini digunakan pada kegiatan eksplorasi umum aspal Buton. SOP ini terdiri dari 19 langkah kegiatan dengan mutu bakunya, yang melibatkan 5 pihak pelaksana (Gambar 4).

#### **SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium**

Beberapa analisis sampel aspal dapat dilakukan secara internal di Laboratorium PSDMBP. Namun ada juga analisis yang harus dilakukan di laboratorium eksternal, misalnya di Laboratorium Balai Bahan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Alur sampel untuk analisis baik untuk laboratorium internal maupun eksternal digambarkan pada SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium. Pada SOP ini terdapat 7 langkah kegiatan dengan mutu bakunya, yang melibatkan 5 pelaksana (Gambar 5).

#### **SOP Survei Geolistrik Aspal Buton**

Survei Geolistrik merupakan kegiatan yang umum dilakukan oleh pelaku penyelidikan aspal untuk identifikasi karakter batuan di daerah yang memiliki potensi aspal. SOP Survei Geolistrik Aspal Buton mencakup 15 langkah kegiatan disertai mutu bakunya, dan melibatkan 4 pelaksana (Gambar 6).

#### **SOP Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR) Aspal Buton**

Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR) merupakan survei dengan menggunakan pulsa radar untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan. Metode ini belum lama diaplikasikan pada penyelidikan aspal, oleh

karena itu diperlukan SOP sebagai panduan pekerjaan. SOP ini terdiri dari 15 langkah kegiatan disertai mutu bakunya dan melibatkan 4 pihak pelaksana (Gambar 7).

### SOP Pengambilan Sampel Aspal Buton

SOP berisi tata cara pengambilan sampel aspal Buton yang terdiri dari 6 langkah kegiatan disertai mutu bakunya dan melibatkan 2 pelaksana (Gambar 8).

	Nomor SOP	48.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Pribadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI	NAMA SOP	SURVEI TINJAU ASPAL BUTON

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
1. Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara; 2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional; 3. Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan; 4. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;	1. Memiliki kemampuan untuk menyusun rencana kegiatan Survei Tinjau Aspal Buton; 2. Memiliki kewenangan dan kemampuan untuk menggunakan peralatan pemetaan geologi; 3. Memiliki kemampuan untuk melaksanakan kegiatan Survei Tinjau Aspal Buton; 4. Memiliki kemampuan untuk menyusun laporan Survei Tinjau Aspal Buton.
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
1. Standar Operasional Prosedur (SOP) Peminjaman Barang Inventaris; 2. Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengambilan Sampel Aspal; 3. Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium; 4. Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton.	1. Peralatan untuk pemetaan geologi; 2. Alat Tulis Kantor (ATK); 3. Perangkat komputer, alat pencetak ( <i>printer</i> ) dan <i>software</i> .
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
1. Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Survei Tinjau Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.	1. Rencana kegiatan; 2. Surat tugas; 3. Nota dinas peminjaman peralatan; 4. Data hasil kegiatan; 5. Laporan pendahuluan dan laporan akhir; 6. Foto Kegiatan.

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Tinjau	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Menugaskan Tim Survei Tinjau						Surat Tugas	1 hari	Surat Tugas	Memberikan Informasi Lokasi Survei Tinjau
2	Membuat Rencana Kegiatan						Data Penyelidik Terdahulu dan Data Geologi Regional	7 hari	Draf Rencana Kegiatan dan Bahan Presentasi	Mengacu Pada Standar Kinerja Kelompok Kerja Batubara
3	Mengevaluasi Rencana Kegiatan dan Bahan Presentasi						Draf Rencana Kegiatan dan Bahan Presentasi	3 hari	Rencana Kegiatan dan Bahan Presentasi	Melakukan Evaluasi Rencana Penyelidikan
4	Melakukan Koordinasi dengan Instansi Pemerintah						Surat Pemberitahuan Kegiatan	7 hari	Surat Pengantar Pelaksanaan Kegiatan dari Pemda	Melakukan Koordinasi Dengan Instansi Terkait
5	Mempresentasikan Rencana Kegiatan di Tingkat Pokja						Rencana kerja dan Bahan Presentasi	1 hari	Rencana Kerja dan Bahan Presentasi	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
6	Mempersiapkan Kegiatan Lapangan						Surat Peminjaman Peralatan	7 hari	Peralatan Survei Tinjau	Nota Dinas, Penyerahan Peralatan, SOP Peminjaman Barang Inventaris
										

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Tinjau	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	
									
7	Melakukan Pengambilan Data Lapangan					Surat Tugas, Surat Pengantar, Peta Geologi Regional, Peta Kerja, Peralatan Pemetaan (Kompas, Palu, Global Positioning System (GPS), dan lain-lain)	30 hari	Peta Lokasi Singkapan dan Lintasan, Peta Pengambilan Sampel Aspal Serta Foto/ Dokumentasi Kegiatan dan Sampel Aspal dan/ atau batuan lainnya yang diperlukan	Mengacu Pada Pedoman Teknis Eksplorasi Aspal dan SOP Pengambilan Sampel Aspal  Metode: • Studi geologi regional • Interpretasi inderaja diantaranya interpretasi Digital Elevation Model (DEM), foto udara, LiDAR • Penyelidikan lapangan pendahuluan /pemetaan geologi awal • Pengambilan sampel dan analisis
8	Menyusun Laporan Pendahuluan dan Bahan Presentasi					Peta Lintasan, Peta Koordinat Pengambilan Sampel, Foto Kegiatan, dan Daftar Sampel	7 hari	Draf Laporan Pendahuluan dan Bahan Presentasi	Pengolahan Data Penyelidikan
9	Melakukan Koordinasi Analisis Sampel ke Laboratorium					Nota Dinas dan Sampel	60 hari	Hasil Analisis Laboratorium	SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium
									

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Tinjau	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	
									
10	Mempresentasikan Hasil Kegiatan Tahap Pendahuluan di Tingkat Pokja					Bahan Presentasi	1 hari	Laporan Pendahuluan	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
11	Melakukan Pengolahan Data dan Penyusunan Draf Laporan Akhir					Data Singkapan, Lintasan, Sertifikat Hasil Analisis, dan Peta Akhir Hasil Kegiatan	30 hari	Laporan, Peta, dan Bahan Presentasi	Waktu Pembuatan Laporan Disesuaikan dengan Hasil Analisis Laboratorium
12	Mengevaluasi Laporan Akhir					Laporan dan Peta Akhir Hasil Kegiatan	15 hari	Laporan dan Peta	Melakukan Evaluasi Laporan Akhir
13	Mengesahkan Laporan Akhir Kegiatan					Draf Laporan Akhir	1 hari	Laporan Akhir	

Gambar 2. SOP Survei Tinjau Aspal Buton

<p>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI</p> 	Nomor SOP	49.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
 <p>Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Prihadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001</p>		
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI	NAMA SOP	PROSPEKSI ASPAL BUTON

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara;</li> <li>Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional;</li> <li>Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan;</li> <li>Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun rencana kegiatan Prospeksi Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kewenangan dan kemampuan untuk menggunakan peralatan pemetaan geologi dan pembuatan sumur uji;</li> <li>Memiliki kemampuan untuk melaksanakan kegiatan Prospeksi Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun laporan Prospeksi Aspal Buton.</li> </ol>
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Peminjaman Barang Inventaris;</li> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengambilan Sampel Aspal;</li> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium;</li> <li>Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peralatan untuk pemetaan geologi;</li> <li>Alat Tulis Kantor (ATK);</li> <li>Perangkat komputer, alat pencetak (<i>printer</i>) dan <i>software</i>.</li> </ol>
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Prospeksi Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Rencana kegiatan;</li> <li>Surat tugas;</li> <li>Nota dinas peminjaman peralatan;</li> <li>Data hasil kegiatan;</li> <li>Laporan pendahuluan dan laporan akhir;</li> <li>Foto Kegiatan.</li> </ol>

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Prospeksi	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Menugaskan Tim Prospeksi						Surat Tugas	1 hari	Surat Tugas	Memberikan Informasi Lokasi Prospeksi
2	Membuat Rencana Kegiatan						Data Penyelidik Terdahulu dan Data Geologi Regional	14 hari	Draf Rencana Kegiatan	Mengacu Pada Standar Kinerja Kelompok Kerja Batubara
3	Mengevaluasi Rencana Kegiatan						Draf Rencana Kegiatan	3 hari	Rencana Kegiatan	Melakukan Evaluasi Rencana Kegiatan
4	Melakukan koordinasi dengan Instansi Pemerintah						Surat Pemberitahuan dan Rencana Kegiatan	5 hari	Surat Pengantar Pelaksanaan Kegiatan dari Pemda	Melakukan Koordinasi Dengan Instansi Terkait
5	Membuat Bahan Presentasi Kegiatan						Draft Presentasi Rencana Kegiatan	1 hari	Bahan Presentasi	
6	Mempresentasikan Rencana Kegiatan di Tingkat Pokja						Bahan Presentasi	1 hari	Bahan Presentasi	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
7	Mempersiapkan Kegiatan						Surat Peminjaman Alat	3 hari	Surat Peminjaman Alat	Mengacu Pada SOP Peminjaman Barang Inventaris
8	Membuat Nota Dinas Peminjaman Alat						Nota Dinas Peminjaman Alat	1 hari	Penerimaan Alat	Surat Keterangan Penerimaan Alat
										

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Prospeksi	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
										
9	Melakukan Pengambilan Data Lapangan						Surat Tugas, Surat Pengantar, Peta Geologi Regional, Peta penyelidikan terdahulu, Peta Kerja, Peralatan Pemetaan (Kompas, Palu, <i>Global Positioning System</i> (GPS), dan lain-lain), peralatan survei geofisika, peralatan dan perlengkapan pengeboran	30 hari	Data Singkapan dan Log Pengeboran, Data Geologi dan Geofisika, Peta Lokasi Singkapan, Peta Lintasan, Pengambilan Sampel serta Foto/ dokumentasi Kegiatan	Mengacu pada Pedoman Teknis Eksplorasi Endapan Aspal dan SOP Pengambilan Sampel Aspal  Metode: • Pemetaan geologi blok prospek • Pemetaan topografi • Pengukuran penampang strairagrafi (pps) • Pengeboran kedalaman <50m ( <i>outcrop drilling</i> ) • Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi) • Pengambilan sampel dan analisis
										

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Prospeksi	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
										
10	Mengolah Data, Menyusun Laporan Pendahuluan dan Membuat Bahan Presentasi Hasil Penyelidikan						Data Singkapan dan Pengeboran, Data Geologi dan Geofisika, Peta Lokasi Singkapan dan Titik Bor, Peta Lintasan, Daftar Pengambilan Sampel Aspal serta Foto Kegiatan	10 hari	Draf Laporan Pendahuluan Dan Bahan Presentasi Hasil Penyelidikan	
11	Membuat Usulan Analisis Laboratorium Sampel Aspal Hasil Penyelidikan						Sampel Aspal Hasil Penyelidikan	1 hari	Surat Usulan Analisis Laboratorium Sampel Aspal	SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium
12	Membuat Nota Dinas Permohonan Analisis Laboratorium Sampel Aspal						Nota Dinas Permohonan Analisis Laboratorium	30 hari	Hasil Analisis Laboratorium Sampel Aspal	Surat Keterangan Melakukan analisis Sampel Aspal di Laboratorium
13	Mempresentasikan Hasil Penyelidikan di Tingkat Kelompok Kerja Batubara						Bahan Presentasi	1 hari	Laporan Pendahuluan	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
14	Mengajukan Pengembalian Alat						Peralatan	1 hari	Surat Pengajuan Pengembalian Alat	
15	Membuat Nota Dinas Pengembalian Alat						Nota dinas Pengembalian Alat	1 hari	Pengembalian Alat	Surat Keterangan Telah Mengembalikan Alat
										

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Prospeksi	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
										
16	Melakukan Pengolahan Data dan Penyusunan Laporan Akhir						Data Primer dan Data Sekunder	30 Hari	Draf Laporan Akhir, Peta-Peta, penampang dan log bor	
17	Menyelesaikan Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan						Draf Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	14 hari	Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	
18	Mengevaluasi Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan						Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	7 hari	Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	
19	Mengesahkan Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan						Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	1 hari	Laporan Akhir dan Peta Hasil Penyelidikan	

Gambar 3. SOP Prospeksi Aspal Buton

<p>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI</p> 	Nomor SOP	50.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Pribadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
<b>PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI</b>	<b>NAMA SOP</b>	<b>EKSPLORASI UMUM ASPAL BUTON</b>

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara;</li> <li>Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional;</li> <li>Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan;</li> <li>Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun rencana kegiatan Eksplorasi Umum Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kewenangan dan kemampuan untuk menggunakan peralatan pemetaan geologi dan pengeboran;</li> <li>Memiliki kemampuan yang terkait dengan pelaksanaan kegiatan Eksplorasi Umum Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun laporan Eksplorasi Umum Aspal Buton.</li> </ol>
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Peminjaman Barang Inventaris;</li> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengeboran;</li> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium;</li> <li>Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peralatan untuk pemetaan geologi;</li> <li>Alat Tulis Kantor (ATK);</li> <li>Perangkat komputer, alat pencetak (<i>printer</i>) dan <i>software</i>.</li> </ol>
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Eksplorasi Umum Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Rencana kegiatan;</li> <li>Surat tugas;</li> <li>Nota dinas peminjaman peralatan;</li> <li>Data hasil kegiatan;</li> <li>Laporan pendahuluan dan laporan akhir;</li> <li>Foto Kegiatan.</li> </ol>

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan	
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Eksplorasi Umum	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu		Keluaran
1	Menugaskan Tim Eksplorasi Umum						Surat Tugas	1 hari	Surat Tugas	Memberikan Informasi Lokasi Daerah Eksplorasi Umum
2	Membuat Rencana Kegiatan						Lokasi Daerah Eksplorasi Umum Aspal	14 hari	Rencana Kegiatan	Melakukan Studi Literatur (Geologi, penyelidikan terdahulu, Tata Ruang, dll)
3	Mengevaluasi Rencana Kegiatan Eklporasi Umum Aspal						Draf Rencana Kegiatan	3 hari	Rencana Kegiatan	Melakukan Evaluasi Rencana Kegiatan
4	Melakukan koordinasi dengan Instansi Pemerintah Daerah						Surat Pemberitahuan dan Rencana Kegiatan	5 hari	Surat Pengantar Pelaksanaan Kegiatan dari Pemda	Melakukan Komunikasi dengan Instansi Terkait
5	Membuat Bahan Presentasi oleh Tim Eksplorasi Umum Aspal						Draft Presentasi Rencana Kegiatan	2 hari	Bahan Presentasi	
6	Mempresentasikan Rencana Kegiatan Eksplorasi Umum Tingkat Kelompok Kerja Batubara						Bahan Presentasi	1 hari	Bahan Presentasi	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Kelompok Kerja Batubara
7	Mempersiapkan Kegiatan Lapangan dan Pengajuan Nota Dinas Peminjaman Peralatan Pendukung Kegiatan Eklporasi Umum						Draf Nota Dinas Peminjaman Alat	1 hari	Nota Dinas Peminjaman Alat	
8	Meminjam Alat Eklporasi Umum ke Kelompok Sarana Teknik						Nota dinas Peminjaman Alat	1 hari	Peralatan pemetaan geologi dan pengeboran	Mengacu pada SOP Peminjaman Barang Inventaris
										

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Eksplorasi Umum	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
9	Melakukan Pengambilan Data Lapangan		↓				Surat Tugas, Surat Pengantar, Peta Geologi Regional, Peta Kerja, Laporan Penyelidikan Terdahulu, Peralatan Pemetaan (Kompas, Palu, Global Positioning System (GPS), dan lain-lain), peralatan survei geofisika dan topografi	30 hari	Data Singkapan Aspal, Data Geologi dan Geofisika, Peta Lokasi Singkapan, Peta Lintasan, Sampel Batuan Aspal serta Foto/ dokumentasi Kegiatan	Mengacu pada Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton dan SOP Pengambilan Sampel aspal  Metode: • Pemetaan geologi blok detail • Pemetaan topografi • Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi) • Pengambilan sampel
10	Menentukan Titik Bor		↓				Data Hasil Pemetaan Geologi	5 hari	Rekomendasi Titik Pengeboran	
11	Melakukan Pengeboran		↓				Peralatan dan perlengkapan pengeboran	35 hari	Data Log Bor, Sampel Core Batuan Aspal, Foto/ Dokumentasi Kegiatan	Mengacu pada SOP Pengeboran dan SOP Pengambilan Sampel aspal • Metode: Pengeboran sistematis kedalaman <50m (infill drilling) • Pengambilan sampel

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Eksplorasi Umum	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
12	Mengolah Data, Menyusun Draft Laporan Pendahuluan, dan Membuat Bahan Presentasi Monitoring		↓				Data Singkapan dan Pengeboran, Data Geologi dan Geofisika, Peta Lokasi Singkapan dan Titik Bor, Peta Lintasan, Log Bor, Daftar Pengambilan Sampel Aspal serta Foto Kegiatan	10 hari	Draf Laporan Pendahuluan Kegiatan Eksplorasi Umum dan Bahan Presentasi	
13	Menyampaikan Presentasi Monitoring		↓				Bahan Presentasi, Draf Laporan dan Peta	1 hari	Perbaikan Draf Laporan dan Peta	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Kelompok Kerja Batubara
14	Membuat Nota Dinas Permohonan Analisis	←	↓	←			Draf Permohonan Analisis	1 hari	Nota Dinas Permohonan Analisis	
15	Mengirimkan Sampel Batuan Aspal ke Laboratorium		↓			→	Nota Dinas Permohonan Analisis	1 hari	Tanda Terima Pengiriman Sampel Batuan Aspal	Mengacu pada SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium
16	Mengolah data lanjutan, pekerjaan studio (Pembuatan dan Penyusunan peta-peta, penampang, log bor), dan Membuat Laporan Akhir		↓				Hasil Pengolahan Data Geologi dan Geofisika, Peta-peta, Log Bor, Sertifikat Analisis Laboratorium serta Foto/ dokumentasi Kegiatan	60 hari	Laporan dan Peta-peta, Bahan Presentasi Hasil Akhir Kegiatan	Sintesis, interpretasi dan evaluasi data sekunder, data lapangan geologi, geofisika dan hasil analisis laboratorium

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Eksplorasi Umum	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Petugas Laboratorium	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
17	Mempresentasikan Hasil Akhir Kegiatan		↓				Laporan dan Peta, Bahan Presentasi Hasil Akhir Kegiatan	1 hari	Laporan dan Peta Hasil Kegiatan	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Kelompok Kerja Batubara
18	Mengevaluasi Kegiatan Ekplorasi Umum	↓	↓				Laporan, Peta, dan Bahan Presentasi	7 hari	Laporan dan Peta	
19	Mengesahkan Laporan Hasil Kegiatan Ekplorasi Umum Aspal	Y	↓				Laporan dan Peta	7 hari	Laporan Akhir dan Peta	

Gambar 4. SOP Eksplorasi Umum Aspal Buton

<p>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI</p> 	Nomor SOP	51.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
		 Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Pribadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI	NAMA SOP	PENGIRIMAN SAMPEL ASPAL KE LABORATORIUM

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
1. Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara; 2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional; 3. Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan; 4. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;	1. Memiliki kemampuan untuk menyusun draft surat pengiriman sampel ke laboratorium; 2. Memiliki kemampuan untuk menyiapkan sampel yang akan dikirim ke laboratorium.
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
1. Standar Operasional Prosedur (SOP) Survei Tinjau Aspal Buton; 2. Standar Operasional Prosedur (SOP) Prospeksi Aspal Buton; 3. Standar Operasional Prosedur (SOP) Eksplorasi Umum Aspal Buton.	1. Alat Tulis Kantor (ATK); 2. Perangkat komputer, alat pencetak ( <i>printer</i> ) dan <i>software</i> .
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
1. Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan pengiriman sampel akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.	1. Surat pengiriman sampel ke laboratorium.

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Tim Survei / Penyelidikan	Koordinator Kelompok Batubara	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Kepala Laboratorium Eksternal	Petugas Laboratorium (Internal dan Eksternal)	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Menyiapkan Sampel yang akan Dikirim ke Laboratorium						Sampel Batuan Aspal, Lembar Daftar Sampel	3 hari	Sampel Batuan Aspal dan Lembar Daftar Sampel	
2	Membuat Surat Pengiriman Sampel						Draf Surat Pengiriman Sampel	1 hari	Draft Surat Pengiriman Sampel	
3	Menyetujui Surat Pengiriman Sampel						Draf Surat Pengiriman Sampel	1 hari	Surat Pengiriman Sampel	Surat Ditujukan Kepada Koordinator Kelompok Sarana Teknik dan Laboratorium Aspal (Eksternal)
4	Mengirimkan Surat Pengiriman Sampel						Surat Pengiriman Sampel	3 Hari	Surat Dikirimkan ke Koordinator Kelompok Sarana Teknik dan Laboratorium Aspal (Eksternal)	Surat Dikirimkan ke Koordinator Kelompok Sarana Teknik dan Laboratorium Aspal (Eksternal)
5	Menyetujui Surat Pengiriman Sampel						Surat Pengiriman Sampel	3 hari	Surat Tanda Terima Sampel dan Rencana Biaya (Eksternal)	Persetujuan Analisis Aspal Buton dan Biaya Analisis oleh Laboratorium Eksternal dan Tim PSDMBP.

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana					Mutu Baku			Keterangan
		Tim Survei / Penyelidikan	Koordinator Kelompok Batubara	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Kepala Laboratorium Eksternal	Petugas Laboratorium (Internal dan Eksternal)	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
6	Mengirimkan Sampel ke Laboratorium						Surat Tanda Terima Sampel	2 hari	Sampel Batuan Aspal diterima	Tim Agar Mengecek Kelengkapan Sampel. Surat Tanda Terima Ditandatangani oleh Tim dan Petugas Laboratorium.
7	Proses Pengiriman Selesai						Surat Tanda Terima Sampel	1 hari	Sampel Batuan Aspal diterima dan Pembayaran Biaya Analisis (eksternal)	

Gambar 5. SOP Pengiriman Sampel Aspal ke Laboratorium

 <p>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI</p>	Nomor SOP	54.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Priyadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI	NAMA SOP	SURVEI GEOLISTRIK ASPAL BUTON

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
1. Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara; 2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional; 3. Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan; 4. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;	1. Memiliki kemampuan untuk menyusun rencana kegiatan Survei Geolistrik Aspal Buton; 2. Memiliki kewenangan dan kemampuan untuk menggunakan peralatan Survei Geolistrik Aspal Buton; 3. Memiliki kemampuan yang terkait dengan pelaksanaan kegiatan Survei Geolistrik Aspal Buton; 4. Memiliki kemampuan untuk mengolah data dan menyusun laporan Survei Geolistrik Aspal Buton.
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
1. Standar Operasional Prosedur (SOP) Peminjaman Barang Inventaris; 2. Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton.	1. Peralatan Survei Geolistrik Aspal Buton; 2. Alat Tulis Kantor (ATK); 3. Perangkat komputer, alat pencetak ( <i>printer</i> ) dan <i>software</i> .
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
1. Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Survei Geolistrik Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.	1. Proposal Rencana Kegiatan Survei Geolistrik Aspal; 2. Surat Pemberitahuan Kegiatan Survei Geolistrik Aspal; 3. Surat Tugas Survei Geolistrik Aspal; 4. Data hasil kegiatan Survei Geolistrik Aspal; 5. Laporan pendahuluan dan akhir Survei Geolistrik Aspal; 6. Foto Kegiatan Survei Geolistrik Aspal.

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Geolistrik	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Penugasan Survei Geolistrik Aspal					Surat Tugas / Nota Dinas	1 hari	Surat Tugas	Memberikan Informasi Lokasi Survei Geolistrik
2	Pembuatan Proposal Rencana Kegiatan Survei Geolistrik Aspal					TOR dan RAB	7 hari	Proposal Rencana Kegiatan	Memilih staf pelaksana kegiatan survei Geolistrik Aspal
3	Evaluasi Rencana Kegiatan Survei Geolistrik Aspal					Proposal Rencana Kegiatan	1 hari	Proposal Rencana Kegiatan	Evaluasi proposal rencana kegiatan
4	Koordinasi ke Pemerintah Daerah dalam Rangka Pemberitahuan Kegiatan Survei Geolistrik Aspal					Surat Pemberitahuan dan Surat Tugas	5 hari	Surat Pemberitahuan diterima oleh dinas daerah terkait	Melakukan Koordinasi dengan Instansi Terkait
5	Persentasi Rencana Kerja Survei Geolistrik Aspal					Proposal kegiatan, bahan presentasi	1 hari	Proposal kegiatan dan bahan presentasi	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
6	Persiapan Lapangan dan Pengajuan Peminjaman Alat Survei Geolistrik Aspal					Nota dinas peminjaman alat	7 hari	Peralatan Geolistrik Aspal dan surat mobilisasi peralatan	Nota Dinas, Penyerahan Peralatan, SOP Peminjaman Barang Inventaris
									

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Geolistrik	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
7	Pembuatan dan Pengukuran Topografi Lintasan Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal, proposal survei geolistrik, surat tugas dan peta kerja	12 hari	Data Koordinat dan topografi lintasan	
8	Penentuan Parameter Akuisisi Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal, proposal survei geolistrik, surat tugas dan peta kerja	2 hari	Data parameter akuisisi Geolistrik Aspal	
9	Evaluasi Parameter Akuisisi Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal, proposal survei geolistrik, surat tugas dan peta kerja	1 hari	Evaluasi parameter akuisisi Geolistrik Aspal	

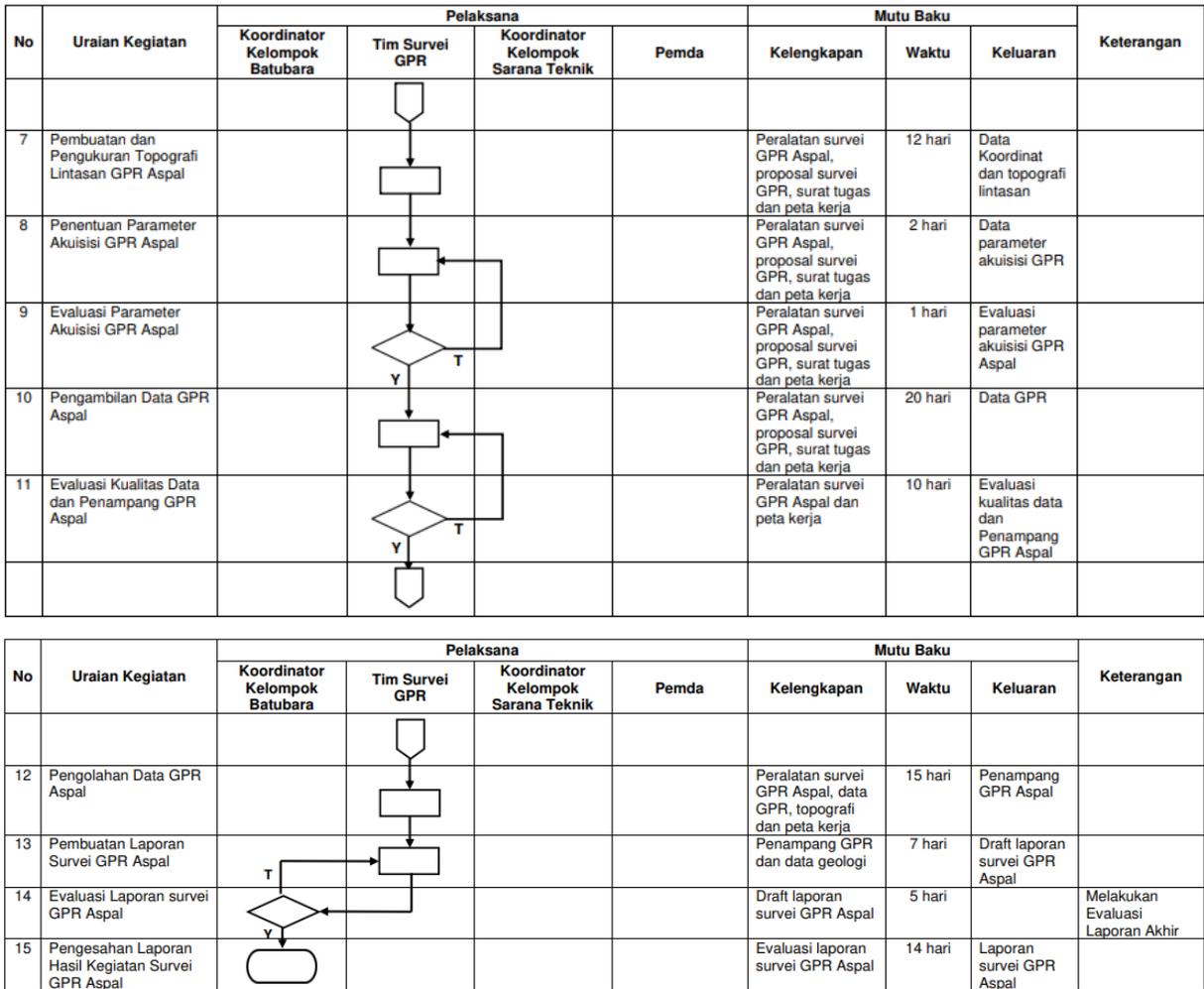
No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei Geolistrik	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
10	Pengambilan Data Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal, proposal survei geolistrik, surat tugas dan peta kerja	20 hari	Data Geolistrik Aspal	
11	Evaluasi Kualitas Data dan Penampang Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal dan peta kerja	3 hari	Evaluasi kualitas data dan Penampang Geolistrik Aspal	
12	Pengolahan Data Geolistrik Aspal					Peralatan survei Geolistrik Aspal, data Geolistrik Aspal, Data topografi dan Peta kerja	15 hari	Penampang Geolistrik Aspal	
13	Pembuatan Laporan Survei Geolistrik Aspal					Penampang Geolistrik dan data geologi	7 hari	Draft laporan survei Geolistrik Aspal	
14	Evaluasi Laporan Survei Geolistrik Aspal					Draft laporan survei Geolistrik Aspal	5 hari		Melakukan Evaluasi Laporan
15	Pengesahan Laporan Hasil Kegiatan Survei Geolistrik Aspal					Evaluasi laporan survei Geolistrik Aspal	14 hari	Laporan survei Geolistrik Aspal	

Gambar 6. SOP Survei Geolistrik Aspal Buton

<p>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL BADAN GEOLOGI</p> 	Nomor SOP	53.SOP/GL.03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Prihadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI	NAMA SOP	SURVEI GROUND PENETRATING RADAR (GPR) ASPAL BUTON

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara;</li> <li>Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional;</li> <li>Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan;</li> <li>Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun rencana kegiatan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kewenangan dan kemampuan untuk menggunakan peralatan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kemampuan yang terkait dengan pelaksanaan kegiatan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> Aspal Buton;</li> <li>Memiliki kemampuan untuk menyusun laporan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> Aspal Buton.</li> </ol>
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Standar Operasional Prosedur (SOP) Peminjaman Barang Inventaris;</li> <li>Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peralatan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR);</li> <li>Alat Tulis Kantor (ATK);</li> <li>Perangkat komputer, alat pencetak (<i>printer</i>) dan <i>software</i>.</li> </ol>
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Survei <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Proposal Rencana Kegiatan Survei GPR Aspal;</li> <li>Surat Pemberitahuan Kegiatan Survei GPR Aspal;</li> <li>Surat Tugas Survei GPR Aspal;</li> <li>Data hasil kegiatan Survei GPR Aspal;</li> <li>Laporan pendahuluan dan akhir Survei GPR Aspal;</li> <li>Foto Kegiatan Survei GPR Aspal.</li> </ol>

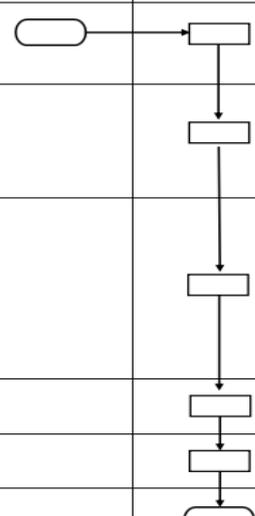
No	Uraian Kegiatan	Pelaksana				Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Survei GPR	Koordinator Kelompok Sarana Teknik	Pemda	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Penugasan Survei GPR Aspal					Surat Tugas / Nota Dinas	1 hari	Surat Tugas	Memberikan Informasi Lokasi Survei Geolistrik
2	Pembuatan Proposal Rencana Kegiatan Survei GPR Aspal					TOR dan RAB	7 hari	Proposal Rencana Kegiatan	Memilih staf pelaksana kegiatan survei GPR Aspal
3	Evaluasi Rencana Kegiatan Survei GPR Aspal					Proposal Rencana Kegiatan	1 hari	Proposal Rencana Kegiatan	Evaluasi proposal rencana kegiatan
4	Koordinasi ke Pemerintah Daerah dalam Rangka Pemberitahuan Kegiatan Survei GPR Aspal					Surat Pemberitahuan dan Surat Tugas	5 hari	Surat Pemberitahuan oleh dinas daerah terkait	Melakukan Koordinasi Dengan Instansi Terkait
5	Persentasi Rencana Survei GPR Aspal					Proposal kegiatan, bahan presentasi	1 hari	Proposal kegiatan dan bahan presentasi	Presentasi Dihadiri oleh Seluruh Staf Pokja Batubara
6	Persiapan Lapangan dan Pengajuan Peminjaman Alat Survei GPR Aspal					Nota dinas peminjaman alat	7 hari	Peralatan GPR Aspal dan surat mobilisasi peralatan	Nota Dinas, Penyerahan Peralatan, SOP Peminjaman Barang Inventaris
									



Gambar 7. SOP Survei Ground Penetrating Radar (GPR) Aspal Buton

<b>KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL</b> <b>BADAN GEOLOGI</b> 	Nomor SOP	52.SOP/GL_03/BGD/2023
	Tanggal Pembuatan	22 November 2023
	Tanggal Revisi	27 Desember 2023
	Tanggal Efektif	2 Januari 2024
	Disahkan oleh	Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi  Ditandatangani secara elektronik Ir. Agung Pribadi, M.Sc. NIP. 196803181993031001
<b>PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI</b>	<b>NAMA SOP</b>	<b>PENGAMBILAN SAMPEL ASPAL BUTON</b>

<b>Dasar Hukum</b>	<b>Kualifikasi Pelaksana</b>
1. Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara; 2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional; 3. Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara Dan Reformasi Birokrasi Nomor 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintahan; 4. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral;	1. Memiliki kemampuan untuk menentukan singkapan Aspal Buton; 2. Memiliki kemampuan untuk menentukan lapisan Aspal Buton; 3. Memiliki kemampuan untuk memilah bagian sampel Aspal Buton yang akan digunakan dan disiapkan untuk analisis laboratorium dan arsip.
<b>Keterkaitan</b>	<b>Peralatan/Perlengkapan</b>
1. Standar Operasional Prosedur (SOP) Survei Tinjau Aspal Buton; 2. Standar Operasional Prosedur (SOP) Prospeksi Aspal Buton; 3. Standar Operasional Prosedur (SOP) Eksplorasi Umum Aspal Buton; 4. Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton.	1. Peralatan untuk pengambilan sampel (palu geologi, alat gali sampel, pita ukur, komparator, label, kantong sampel, dan lakban / karet pengikat); 2. Alat Tulis Kantor (ATK); 3. Perangkat kamera.
<b>Peringatan</b>	<b>Pencatatan dan Pendataan</b>
1. Apabila SOP ini tidak dijalankan dengan baik maka kegiatan Pengambilan Sampel Aspal Buton akan tidak terarah dan hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan.	1. Daftar sampel Aspal Buton; 2. Sampel dalam plastik kedap; 3. Data hasil kegiatan; 4. Foto Kegiatan.

No	Uraian Kegiatan	Pelaksana		Mutu Baku			Keterangan
		Koordinator Kelompok Batubara	Tim Pengambilan Sampel	Kelengkapan	Waktu	Keluaran	
1	Menyiapkan dan Memeriksa Peralatan yang akan Dipakai dalam Kegiatan			Buku lapangan geologi, perlengkapan geologi lapangan alat tulis kantor (ATK), alat gali sampel, pita ukur, kantong dan label sampel, lakban, kamera	60 menit	Peralatan lengkap dan dapat digunakan	Perlengkapan geologi lapangan (palu geologi, kompas, lup, GPS, komparator).
2	Melakukan Observasi Singkapan			Buku catatan lapangan geologi, ATK	30 menit	Data Singkapan Aspal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanggal pengamatan;</li> <li>Lintasan pengamatan (sungai, jalan);</li> <li>Nomor lokasi/stasiun pengamatan;</li> <li>Kedudukan geografis dan posisi administratif/daerah;</li> <li>Cuaca.</li> </ul>
3	Melakukan Pengukuran dan Deskripsi Singkapan			Buku catatan lapangan geologi, Perlengkapan geologi lapangan (palu geologi, kompas, lup, GPS, komparator), pita ukur, Alat Tulis Kantor (ATK)	60 menit	Data Pengukuran dan Deskripsi Singkapan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periksa kondisi fisik singkapan meliputi jenis, hubungan antar batuan, variasi dan batas lapisan dan tingkat pelapukan;</li> <li>Ukur kedudukan lapisan, tebal, jurus dan kemiringan lapisan;</li> <li>Identifikasi keberadaan gejala stratigrafi dan struktur geologi;</li> <li>Deskripsi litologi secara detail (Terlampir No.1);</li> </ul>
4	Melakukan Pengambilan Dokumentasi Singkapan			Perangkat kamera, ATK, Buku Lapangan	30 menit	Foto dan sketsa Singkapan	Dokumentasikan hasil observasi berupa catatan lapangan, sketsa singkapan dan foto singkapan;
5	Melakukan Pengambilan Sampel Singkapan			Alat gali sampel, palu geologi, pita ukur, kantong dan label sampel, lakban / karet pengikat	30 menit	Sampel Aspal	Terlampir pada keterangan No.2
6	Proses Pengambilan Sampel Selesai						Laporan kegiatan pengambilan sampel disertakan dalam laporan kegiatan tim survei / eksplorasi

Keterangan prosedur pengamatan singkapan dan pengambilan sampel aspal permukaan di lapangan:

1. Sifat deskripsi litologi meliputi :

a. Untuk Batuan Sedimen Klastik, sifat yang harus dideskripsi tercantum pada tabel dibawah ini :

No	Item	Identifikasi	Klasifikasi	No	Item	Identifikasi	Klasifikasi
1	Warna Segar dan Warna Lapuk	Batuan dipecah	Diisi sesuai pengamatan	6	Kemas	Batuan diamati kontak antar komponen	Terbuka Tertutup
2	Ukuran Butir	Batuan diamati ukuran partikelnya dengan cermat	Lempung (<1/256 mm)	7	Porositas	Batuan diamati jumlah rongga	Baik Sedang Buruk
			Lanau (1/256 – 1/16 mm)				
			Pasir Sangat Halus – Pasir Sangat Kasar (1/16 – 2 mm)				
3	Kebundaran	Batuan diamati kebundarannya dalam skala butir	Kerikil – Bongkah (>2 mm)	8	Permeabilitas	Batuan diamati kemampuan menyerap cairan	Baik Sedang Buruk
			Sangat Membundar				
			Membundar				
4	Kebulatan	Batuan diamati kebulatannya dalam skala butir	Sedikit Membundar	9	Kekerasan	Batuan dipecah atau dipukul	Sangat Keras Keras Sedang Lunak Sangat Lunak
			Sedikit Menyudut				
			Menyudut				
5	Sortasi	Batuan diamati keseragaman butir	Sangat Menyudut	10	Kontak Atas dan Bawah	Batuan diamati batasnya dengan lapisan atas dan bawah	Tegas Gradasional Progresif Gradasional Interkalatf
			Membulat				
5	Sortasi	Batuan diamati keseragaman butir	Tidak Membulat	11	Komponen dan Matriks	Batuan diamati jenis komponen dan matriks	Diisi sesuai pengamatan
			Baik				
			Buruk	12	Struktur Sedimen	Batuan diamati jenis struktur	Diisi sesuai pengamatan

b. Untuk Batuan Sedimen Non-Klastik (Batugamping), sifat yang harus dideskripsi tercantum pada tabel dibawah ini :

No	Item	Identifikasi	Klasifikasi	No	Item	Identifikasi	Klasifikasi	
1	Warna Segar dan Warna Lapuk	Batuan Dipecah	Disi sesuai pengamatan	5	Sortasi *Poin No.2 Berbutir	Batuan diamati/ keseragaman butir	Baik Sedang Buruk	
2	Komponen dan Matriks	Batuan diamati kondisi komponen dan matriks	Terikat / Berhubungan	6	Kemas *Poin No.2 Berbutir	Batuan diamati kontak antar komponen	Terbuka	
Berbutir			Tertutup					
3			Batuan diamati jenis dan jumlah komponen serta matriks	Dominasi Matriks (Fragmen < 10%)	7	Porositas	Batuan diamati jumlah rongga	Baik
Dominasi Matriks (Fragmen >10%)				Sedang				
Dominasi Fragmen (Sedikit Matriks)	Buruk							
3	Kebundaran *Poin No.2 Berbutir	Batuan diamati kebundarannya dalam skala butir	Sangat Membundar	8	Permeabilitas	Batuan diamati kemampuan menyerap cairan	Baik	
			Membundar	Sedang				
			Sedikit Membundar	Buruk				
			Sedikit Menyudut	9	Kekerasan	Batuan dipecah atau dipukul	Sangat Keras	
			Menyudut	Keras				
Sangat Menyudut	Sedang							
4	Kebulatan *Poin No.2 Berbutir	Batuan diamati kebulatannya dalam skala butir	Membulat	9	Kontak Atas dan Bawah	Batuan diamati batasnya dengan lapisan atas dan bawah	Lunak	
			Tidak Membulat	Sangat Lunak				
				10	Struktur Sedimen	Batuan diamati jenis struktur	Disi sesuai pengamatan	

c. Untuk Batuan Aspal, sifat yang harus dideskripsi tercantum pada tabel dibawah ini :

No	Item	Identifikasi	Klasifikasi	No	Item	Identifikasi	Klasifikasi
1	Warna Aspal	Batuan Dipecah	Disi sesuai pengamatan	4	Uji Bakar	Aspal dibakar dengan korek api dan diamati	Terbakar dan Berbau Tidak terbakar
2	Aroma Aspal	Batuan diamati aroma	Sangat Menyengat	5	Kekerasan Aspal *Poin No.4 Terdapat Rembesan	Aspal Rembesan dipecah atau dipukul	Sangat Keras
			Menyengat				Keras
			Kurang Menyengat				Sedang
			Tidak Menyengat				Lunak
3	Rembesan Aspal	Batuan diamati adanya rembesan aspal	Banyak Rembesan	6	Struktur Lain	Aspal diamati s	Sangat Lunak
			Terdapat Rembesan				Disi sesuai pengamatan
			Tanpa Rembesan				

d. Sifat deskripsi yang dimaksud pada no. urut 1 (a,b, dan c) dapat digabung sesuai kebutuhan. Misalnya ditemukan adanya batupasir tanpa aspal maka menggunakan deskripsi 1a saja. Namun bila ditemukan adanya batugamping dengan kandungan aspal maka menggunakan deskripsi 1b dan 1c digabungkan.

2. Urutan pengambilan sampel aspal pada suatu singkapan yang telah teridentifikasi, yaitu :

- a. Mendelineasi setiap lapisan aspal pada singkapan untuk menentukan sampel aspal yang akan diambil;
- b. Dengan mempertimbangkan kondisi singkapan, kondisi di lapangan dan tujuan yang hendak dicapai ditentukan metode *sampling* yang akan dilakukan :
  - i. *Grab sampling*. Secara umum, metode grab sampling ini merupakan teknik pemercontohan dengan cara mengambil bagian dari suatu endapan/ lapisan secara acak. Tingkat ketelitian sampling menggunakan metode ini akan mempunyai bias yang cukup besar, terutama pada aspal dengan lapisan yang tebal (Grab sampling merupakan pemantauan secara manual yang dilakukan dengan cara pengambilan sampel terlebih dahulu, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut di laboratorium);
  - ii. *Channel sampling*. Secara umum metode ini merupakan pemercontohan aspal secara sistematis pada arah tegak lurus per lapisan. *Channel sampling* dilakukan dengan membuat alur (*channel*) memanjang menurut ketebalan batuan pembawa/ mengandung/ terimpregnasi aspal. *Channel sampling* dapat dilakukan per tebal lapisan batuan atau ply per ply (misalnya jika terdapat sisipan pengotor atau lapisan batuan terlalu tebal);
  - iii. Pada singkapan dengan lapisan aspal yang telah didelineasi, pilihlah tempat sampling yang memungkinkan lapisan aspal benar-benar terambil dari mulai *roof* sampai *floor* (jika menggunakan metode *channel sampling*). Perlu diperhatikan kondisi sampel diambil pada bagian yang masih segar dan telah dibersihkan, bersih dari unsur-unsur pengotor seperti pelapukan, akar-akar tanaman dan parting atau lapisan pengotor lainnya yang dapat dipisahkan;
  - iv. Menandai interval lapisan aspal yang akan diambil dan setiap *ply interval* yang akan diambil (untuk *channel sampling*);
  - v. Mengambil sampel batuan mengandung aspal pada bagian yang telah ditandai. Berat sampel aspal disesuaikan dengan kebutuhan, untuk analisis lengkap dasar aspal sekitar 10 kg/ sampel. Apabila diperlukan untuk arsip atau analisis lainnya, berat sampel dapat ditambah;
  - vi. Menuliskan label (*tag*) pada kantong sampel sesuai dengan urutan dan intervalnya. Pelabelan harus tahan dan aman dari terhapus atau terkelupas, karena didalamnya memiliki identitas setiap sampel;
  - vii. Perlu diperhatikan penanganan sampel khususnya yang akan dikirim ke laboratorium, untuk kemasannya, agar dipastikan kedap dan rapat;
  - viii. Menyimpan sampel aspal ditempat yang aman dan siap dikirim ke laboratorium. Sampel aspal harus dikemas dan disimpan di ruangan yang tidak terpapar sinar matahari langsung dan hujan. Kemasan sampel aspal harus dipastikan aman saat dibawa oleh ekspedisi mulai dari lokasi sampai ke laboratorium.

Gambar 8. SOP Pengambilan Sampel Aspal Buton

KESIMPULAN

Standar Kinerja Penyelidikan Aspal Buton merupakan target dan sasaran kegiatan yang menggambarkan indikator keberhasilan pekerjaan penyelidikan.

Sedangkan *Standard Operating Procedure* (SOP) terkait penyelidikan Aspal Buton disusun untuk memastikan agar pekerjaan yang dilakukan berjalan dengan efektif, efisien, konsisten, standar dan sistematis.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

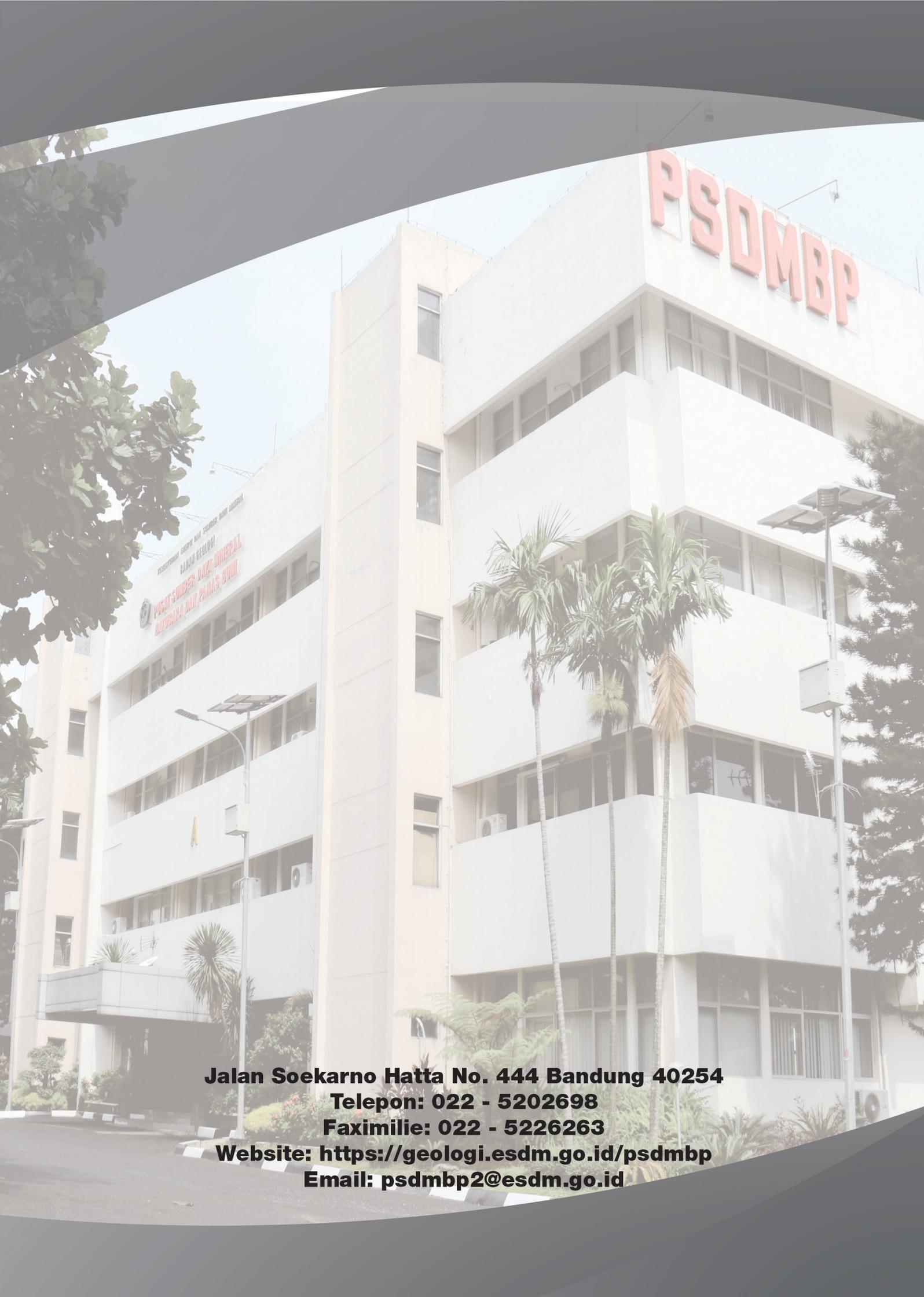
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan

Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah membantu dalam kegiatan ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- SNI 13-5014-1998, Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara, Badan Standarisasi Nasional-BSN, Jakarta.
- SOP Eksplorasi Umum Batubara, 2020, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Prospeksi Batubara, 2020, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Pengambilan Sampel Batubara Permukaan, 2023, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Pengiriman Sampel Ke Laboratorium, 2020, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Penyelidikan Umum Batubara, 2021, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.





**PSDMBP**

KEKAWASAN SURvei DAN SUMBER BAHAN MINERAL  
SALAH GEOLOGI  
POSTY SURVEY BANG UNDIKAL  
KAMPUS DAN PANAS BUMI

**Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254**  
**Telepon: 022 - 5202698**  
**Faximilie: 022 - 5226263**  
**Website: <https://geologi.esdm.go.id/psdmbp>**  
**Email: [psdmbp2@esdm.go.id](mailto:psdmbp2@esdm.go.id)**