

NO : 14
ISSN : 0261-0811



**Buku 2 : Kelompok Kerja
Batubara**

PROSIDING

**Hasil Kegiatan
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL
BATUBARA DAN PANAS BUMI
Tahun Anggaran 2022**



Nomor: 14

ISSN : 0261-0811

**PROSIDING HASIL KEGIATAN
PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI
TAHUN ANGGARAN 2022**

BUKU 2
KELOMPOK KERJA 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 2022. Makalah-makalah yang diterbitkan pada prosiding ini merupakan hasil kegiatan lapangan dan non lapangan pada tahun 2022.

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 dan gambut pada tahapan prospeksi dan eksplorasi umum. Sedangkan makalah dari kegiatan non lapangan berupa kajian peningkatan nilai tambah batubara, neraca sumber daya dan cadangan batubara, gambut dan gas metana batubara, penyiapan wilayah pertambangan batubara, wilayah kerja gas metana batubara dan penyusunan standar kinerja penyelidikan serta estimasi sumber daya dan cadangan aspal buton.

Adanya prosiding ini sebagai upaya penyebaran informasi hasil kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi selama Tahun 2022 kepada masyarakat. Diharapkan dapat dijadikan salah satu rujukan untuk penentuan kebijakan dan kajian sumber daya mineral dan energi selanjutnya.

Semoga prosiding ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, Desember 2022

Kepala Pusat Sumber Daya Mineral
Batubara dan Panas Bumi

DAFTAR ISI

1. Penyelidikan Umum Batubara Daerah Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah	1
2. Prospeksi Batubara dengan Metode Geologi dan Geofisika Daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.....	19
3. Eksplorasi Pendahuluan Penyelidikan Umum Gambut Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat	41
4. Penyelidikan Umum Bitumen Padat dan Aspal Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara.....	57
5. Penyusunan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan WP Batubara	79
6. Penyusunan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Kerja Gas Metana Batubara (WK GMB)	91
7. Evaluasi dan Karakterisasi Batubara Kalori Rendah untuk Pengembangan Biobriket dan Biobriket Semikokas – Uji Laboratorium	101
8. Karakterisasi Potensi Batubara Metalurgi Indonesia	119
9. Evaluasi Logam Tanah Jarang (LTJ) dalam Batubara dan Abu Batubara Kalimantan	131
10. Pemutakhiran Data Sumber Daya dan Cadangan Batubara Status Tahun 2022	151
11. Pemutakhiran Data Sumber Daya Gambut Status Tahun 2022	157
12. Pemutakhiran Data Sumber Daya Gas Metana Batubara Status Tahun 2022	165
13. Penyusunan Standar Kinerja Kegiatan Penyelidikan Batubara	171
14. Evaluasi Standar Kinerja Penyelidikan Serta Estimasi Sumber Daya dan Cadangan Aspal Buton	179
15. Evaluasi dan Karakterisasi Batubara untuk Pengembangan Material Maju – Uji Laboratorium Ekstraksi Grafena	187

PENYELIDIKAN UMUM BATUBARA DAERAH LAUNG TUHUP KABUPATEN MURUNG RAYA, PROVINSI KALIMANTAN TENGAH

**Muhammad Arief Pinandita¹, Sandi Rukhimat¹, Ujang Rustandi¹,
Uju Darsita², dan Dicky A. Wibowo¹**

¹Kelompok Kerja Batubara

²Kelompok Kerja Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Penyelidikan Umum Batubara daerah Laung Tuhup dan sekitarnya, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan wilayah prospek endapan batubara yang dapat dipertimbangkan dalam tahap kegiatan eksplorasi selanjutnya serta melengkapi data dan neraca sumber daya batubara nasional. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi permukaan dengan berfokus kepada pencarian singkapan batubara pada formasi pembawa batubaranya. Target formasi pembawa batubara pada kegiatan ini adalah Formasi Batuayau (Tea) berumur Eosen Awal dan Formasi Parukcahu (Tomc) berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Terdapat 24 singkapan batubara, semua singkapan dilakukan analisis laboratorium dan berdasarkan hasil analisis laboratorium, hanya 9 sampel yang menunjukkan litologi batubara. 9 singkapan yang dijumpai dan dibagi kedalam tiga blok prospek yaitu Blok Penda Siron Utara, Blok Penda Siron Selatan dan Blok Kohong. Kualitas batubara dari ketiga blok tersebut menunjukkan nilai kalori berkisar 4188 – 7550 kal/gr (adb) dan 3899 – 7004 kal/gr (adb) serta reflektan vitrinit (%Rv) berkisar 1,08 – 1,98 %, yang dapat dikategorikan pada peringkat *high volatile bituminous A – low volatile bituminous* dengan potensi batubara target eksplorasi berkisar 2,02 juta ton sampai 4,05 juta ton.

Kata kunci: Batubara, Target Eksplorasi, Laung Tuhup, Batuayau, Kalori Tinggi, *Bituminous*.

PENDAHULUAN

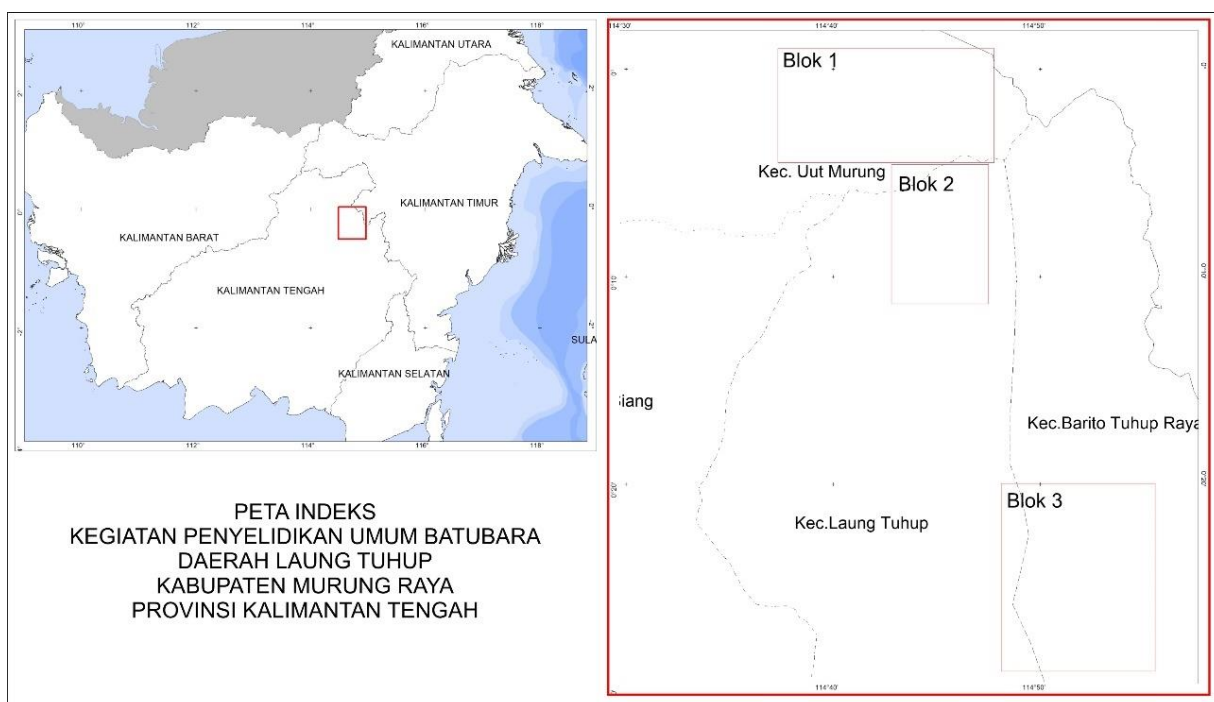
Sejalan dengan Tugas Pokok dan Fungsi Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), pada tahun anggaran 2022 kelompok kerja batubara melakukan kegiatan Penyelidikan Umum Batubara Daerah

Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Daerah tersebut dipilih berdasarkan beberapa alasan diantaranya adalah keterdapatan formasi pembawa batubara yaitu Formasi Batuayau, pada daerah tersebut dan indikasi potensi keberadaan batubara

metalurgi pada wilayah penyelidikan dari hasil kegiatan uji petik PSDMBP 2022 di wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) di dekat wilayah penyelidikan. Selain itu kegiatan ini juga dilakukan dalam rangka inventarisasi data potensi batubara pada wilayah pencadangan energi strategis/nasional. Maksud kegiatan ini adalah melakukan inventarisasi potensi batubara untuk mencari dan mengumpulkan data endapan batubara secara kualitatif dan kuantitatif. Tujuannya adalah untuk mendapatkan wilayah prospek endapan batubara yang dapat dipertimbangkan dalam tahap kegiatan eksplorasi selanjutnya serta melengkapi data dan neraca sumber daya batubara nasional.

Lokasi kegiatan berada di daerah Kecamatan Laung Tuhup, Kecamatan Uut

Murung dan Kecamatan Barito Tuhup Raya, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Kabupaten Murung Raya terletak pada posisi koordinat 0°47" Lintang Utara – 0°51" Lintang Selatan dan 113°12"–115°08" Bujur Timur. Daerah penyelidikan difokuskan pada daerah yang “hijau” (green area) atau daerah yang belum ada izin usaha pertambangan. Dalam kegiatan ini, wilayah fokus penyelidikan berada pada daerah Utara Desa Penda Siron Kecamatan Laung Tuhup (Blok 1), pada bagian tengah Desa Penda Siron Kecamatan Laung Tuhup (Blok 2) dan pada bagian Selatan berada pada Desa Muara Meruwai I Kecamatan Laung Tuhup dan Desa Batu Tojah Kecamatan Barito Tuhup Raya (Blok 3). (Gambar 1.)



Gambar 1. Peta Lokasi daerah penyelidikan

METODOLOGI

Kegiatan penyelidikan umum batubara di Daerah Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan. Kegiatan dibagi menjadi beberapa tahapan kegiatan, yaitu persiapan, penyelidikan lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data, yaitu :

- **Persiapan:** mencari dan mengumpulkan data sekunder berupa laporan penyelidikan terdahulu sebagai informasi awal geologi daerah penyelidikan dan peta dasar (peta geologi regional dan topografi daerah penyelidikan). Kemudian melakukan evaluasi terhadap data sekunder tersebut dan membuat perencanaan pelaksanaan kegiatan penyelidikan lapangan.
- **Penyelidikan lapangan:** berupa pengumpulan data primer dengan pemetaan geologi batubara permukaan yang difokuskan pada formasi pembawa batubara (pencarian lokasi singkapan batubara, mengukur kedudukan dan ketebalan lapisan batubara, mendeskripsikan tiap singkapan batubara yang ditemukan disertai sketsa dan atau dokumentasi, mengamati aspek-aspek geologi lainnya dan pengambilan sampel batubara dengan metode *grab sampling* untuk keperluan analisis laboratorium).

- **Analisis laboratorium:** Analisis sampel batubara dilakukan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi – Bandung. Adapun jenis analisis laboratorium yang dilakukan yaitu analisis proksimat, ultimat, sulfur total, berat jenis, indeks ketergerusan (*HGI*), nilai kalori (*CV*), analisis abu, petrografi organik dan *free swelling index* (*FSI*). Analisis pendukung indikasi batubara metalurgi akan seperti dilatometer dan Gray king coke type dilakukan jika nilai *FSI* memenuhi syarat yaitu lebih dari 4.
- **Pengolahan data:** Seluruh data yang diperoleh, dikumpulkan dan diolah dalam laporan dan peta yang berisi potensi dan karakteristik endapan batubara, prospek pemanfaatan dan pengembangan batubara di daerah penyelidikan.

GEOLOGI REGIONAL

Secara geologi Kabupaten Barito Utara termasuk ke dalam pinggiran Cekungan Barito bagian Utara yang terbentuk pada Awal Tersier (Badan Geologi, 2009). Lokasi penyelidikan merupakan perbatasan antara Cekungan Barito, Cekungan Hulu Mahakam dan Cekungan Kutai. Beberapa penulis juga ada yang berpendapat wilayah Kabupaten Barito bagian utara merupakan bagian dari Cekungan Kutai bagian atas. Beberapa formasi batuan yang merupakan batuan

penciri Cekungan Kutai pun terendapkan di sebagian wilayah Kabupaten Barito Utara. Batuan di dalam Cekungan Barito bagian utara ini dikelompokkan menjadi beberapa formasi batuan, sebagai dasar cekungan adalah batuan berumur Pra Tersier yang terdiri dari batuan beku, batuan metamorf dan batuan meta sedimen (Formasi Pitap dan Batuan Gunungapi Kasale). Selanjutnya di atas batuan dasar pada kala Eosen akhir sampai Holosen diendapkan batuan – batuan sedimen dan pada kala Miosen Awal terjadi terobosan-terobosan batuan beku yang banyak tersebar di bagian utara.

Stratigrafi daerah Kabupaten Murung Raya tersusun oleh batuan berumur Pra Tersier hingga Kuartar (Tabel 1), dibuat dengan mengacu pada Peta Geologi Regional Lembar Muaratewe (Supriatna, dkk., 1995), Lembar Buntok (Soetrisno, dkk., 1994) dan Lembar Balikpapan (Hidayat dan Umar, 1994).

Pembentukan batuan pada daerah ini dimulai sejak Mesozoikum dengan munculnya batuan granit, granodiorite dan gabbro dalam Komplek Busang (PTb). Kemudian diikuti oleh munculnya batuan gunungapi Kasale (Kvh) dan pengendapan Kelompok Selangkai (Kse) pada Kapur Akhir. Pada Awal Eosen Tengah, terjadi kegiatan gunungapi yang menghasilkan batuan gunungapi Nyaan (Ten). Pada Kala Eosen Akhir di Cekungan Barito dan Cekungan Hulu

Mahakam, terbentuk Formasi Haloq (Teh), Formasi Haloq dan Batu Kelau yang tak terpisahkan (Teh+Tek), Formasi Batuayau (Tea) dan Formasi Tanjung (Tet). Formasi-formasi ini ditutupi secara selaras oleh Formasi Ujohbilang (Tou) sejak Oligosen Akhir dan waktu yang sama juga terbentuk Formasi Tuyu (Toty) di Cekungan Kutai. Pada Kala Oligosen Akhir hingga Miosen Awal, terbentuk Formasi Berai (Tomb), Montalat (Tomm), Jangkan (Tomj), Keramuan (Tomk), Purukcahu (Tomc) yang diikuti oleh kegiatan gunungapi Malasan (Tom), yang semuanya menindih secara tidak selaras Formasi Ujohbilang (Tou). Pada Kala yang sama terjadi terobosan Sintang. Pada Cekungan Kutai, terbentuk Formasi Pamaluan (Tomp) yang menindih tidak selaras Formasi Tuyu. Pada Kala Miosen Tengah di Cekungan Barito terbentuk Formasi Warukin dan Formasi Kelinjau yang menindih tidak selaras Formasi Berai (Tomb), Formasi Montalat (Tomm), Formasi Jangkan (Tomj), Formasi Keramuan (Tomk) dan Formasi Purukcahu (Tomc), sedangkan di Cekungan Kutai terjadi pengendapan Formasi Pulubalang (Tmpb) yang disertai oleh kegiatan gunungapi Meragoh (Tmm). Pada Miosen Akhir di Cekungan Kutai terbentuk Formasi Balikpapan (Tmbp). Pada Miosen Akhir sampai Kuartar terjadi kegiatan gunungapi Mentulang (TmQm) dan Bandang dan terendapkan juga Formasi Dahor di Cekungan Barito sedangkan di

Cekungan Kutai terbentuk Formasi Kampung Baru (Tpkb).

Secara umum struktur geologi yang terdapat di wilayah penyelidikan adalah perlipatan dan sesar naik. Perlipatan batuan di wilayah penyelidikan membentuk perlipatan yang berarah Barat Daya – Timur Laut sampai Selatan Utara. Di beberapa tempat perlipatan-perlipatan tersebut mengalami penunjaman dan pengangkatan, bahkan ada yang tergeserkan akibat pengaruh sesar.

HASIL KEGIATAN DAN ANALISIS

Berdasarkan pengamatan, analisis peta topografi dan peta Digital Elevation Model (DEM), daerah penyelidikan dapat dibagi menjadi 2 satuan morfologi, yaitu Satuan Pedataran dan Satuan Perbukitan Bergelombang (Gambar 2).

Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang menempati wilayah penyelidikan pada bagian barat, menerus hingga ke bagian utara dan sebagian di wilayah timur, dengan luasan sekitar 70% dari keseluruhan wilayah penyelidikan. Satuan Morfologi Pedataran menempati wilayah penyelidikan pada bagian tengah dan bagian tenggara wilayah penyelidikan, dengan luasan sekitar 30% dari keseluruhan wilayah penyelidikan.

Tim Penyelidikan Umum Batubara Daerah Laung Tuhup mendapatkan data litologi dari singkapan batuan di permukaan. Singkapan yang ditemukan antara lain adalah singkapan batubara,

singkapan batupasir, singkapan batulempung dan singkapan batulanau.

Singkapan indikasi batubara yang ditemukan berjumlah 24 titik yang tersebar di daerah utara Desa Penda Siron (perbatasan Kecamatan Laung Tuhup dan Kecamatan Uut Murung), Daerah Tengah hingga Selatan desa Penda Siron dan Desa Kohong (Tabel 2). Singkapan batubara yang ditemukan merupakan batubara dari Formasi Purukcahu dan Formasi Batuayau.

Berdasarkan sebaran data yang ditemukan pada kegiatan ini, potensi batubara pada wilayah penyelidikan dibagi menjadi tiga blok. Sebaran data singkapan, lintasan penyelidikan dan blok potensi dapat dilihat dalam peta pada Gambar 3. Penamaan blok dilakukan berdasarkan nama lokasi yang mewakili kumpulan data singkapan batuan di lokasi tersebut. Ketiga blok tersebut adalah Blok Penda Siron Utara yang berada pada bagian utara daerah penyelidikan, Blok Penda Siron Selatan yang berada pada bagian tengah daerah penyelidikan, dan Blok Kohong yang berada pada daerah selatan penyelidikan.

Analisis Laboratorium

Kualitas batubara daerah penyelidikan dapat diketahui melalui pendekatan deskripsi megaskopis dari singkapan dan melalui hasil analisis laboratorium. Analisis laboratorium dilakukan pada 19 sampel, namun dari 19

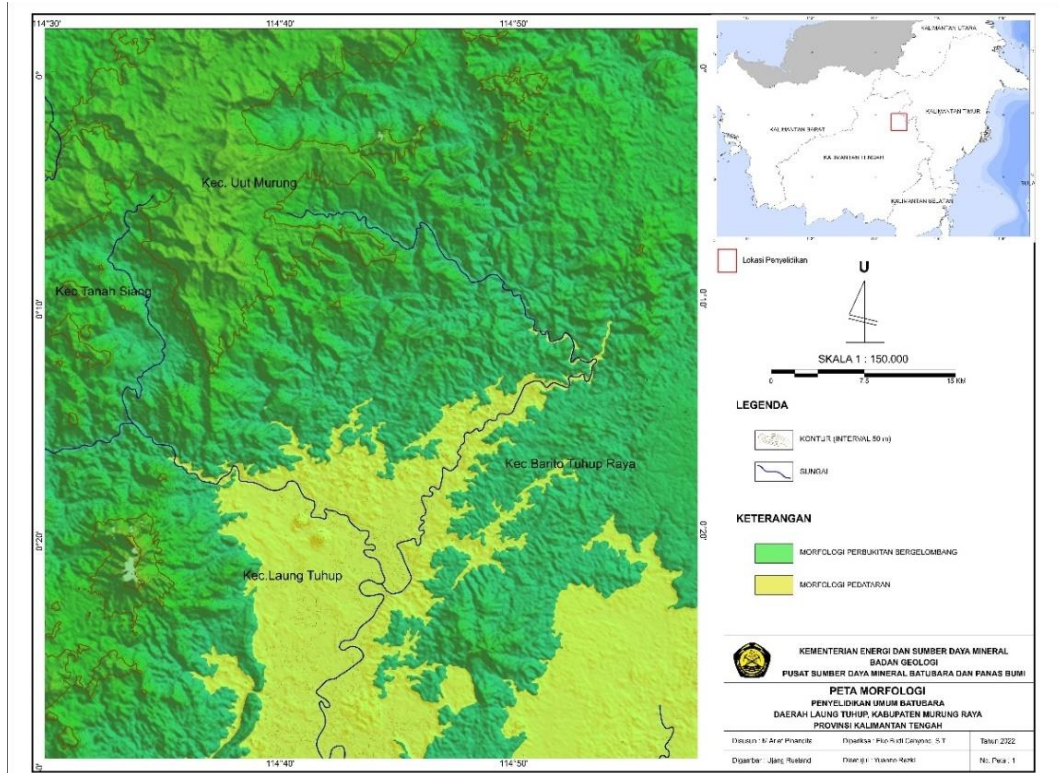
sampel yang diambil tidak semuanya merupakan sampel batubara, hal tersebut diketahui dari hasil analisis laboratorium yang menunjukkan bahwa litologi beberapa sampel merupakan *coaly clay*. Hasil analisis Proksimat berupa *Total Moisture* (TM), *Moisture* (M), *Volatile Matter* (VM), *Fixed Carbon* (FC) dan Analisis Ultimat beserta analisis Abu (*ash*), Total Sulfur (TS), Nilai Kalori, berat jenis (SG), *Free Swelling Index* (FSI) dan *Hardgrove Grindability Index* (HGI), analisis abu batubara, analisis dilatometer dan *gray king coke type* dapat dilihat pada Tabel 3. Beberapa parameter akan digunakan untuk mengetahui peringkat atau *rank* batubaranya menggunakan klasifikasi modifikasi dari klasifikasi ASTM. Pada laporan ini, nilai abu batubara di bawah 18% (<18%) dikelompokkan sebagai batubara dengan kadar abu rendah, sedangkan untuk yang di atas 18% (>18%) dikelompokkan sebagai batubara dengan kadar abu tinggi. Untuk nilai total sulfurnya, nilai kurang dari 1% (<1%) dikategorikan sebagai kadar rendah, diantara 1% dan 3% (1%<X<3%) dikategorikan sebagai kadar sedang dan lebih dari 3% (>3%) dikategorikan sebagai kadar tinggi. Abu diklasifikasikan berdasarkan kandungan Fe_2O_3 , CaO dan MgO dimana klasifikasinya akan dibagi menjadi Abu Bituminus dan Abu Lignit.

Indeks *Slagging* (Rs), untuk jenis abu lignit perhitungannya hanya menggunakan nilai yang ditampilkan pada analisis *Ash Fusion Temperatur* (AFT) yang pada penyelidikan kali ini tidak dilakukan analisisnya. Jenis abu lignit akan cenderung mempunyai sifat *slagging* yang lebih tinggi dibanding jenis abu bituminous. Dengan klasifikasi nilai *slagging*: rendah <0,6; sedang 0,6 – 2,0; tinggi 2,0 – 2,6; dan sangat tinggi >2,6. Indeks *Fouling* (Rf), untuk jenis abu lignit dilihat berdasarkan kadar Na_2O (%). Klasifikasi potensi *fouling* disebut rendah dengan Rf <1,2; sedang dengan Rf 1,2 – 3,0; tinggi dengan Rf 3,0 – 6,0; dan sangat tinggi dengan Rf >6,0.

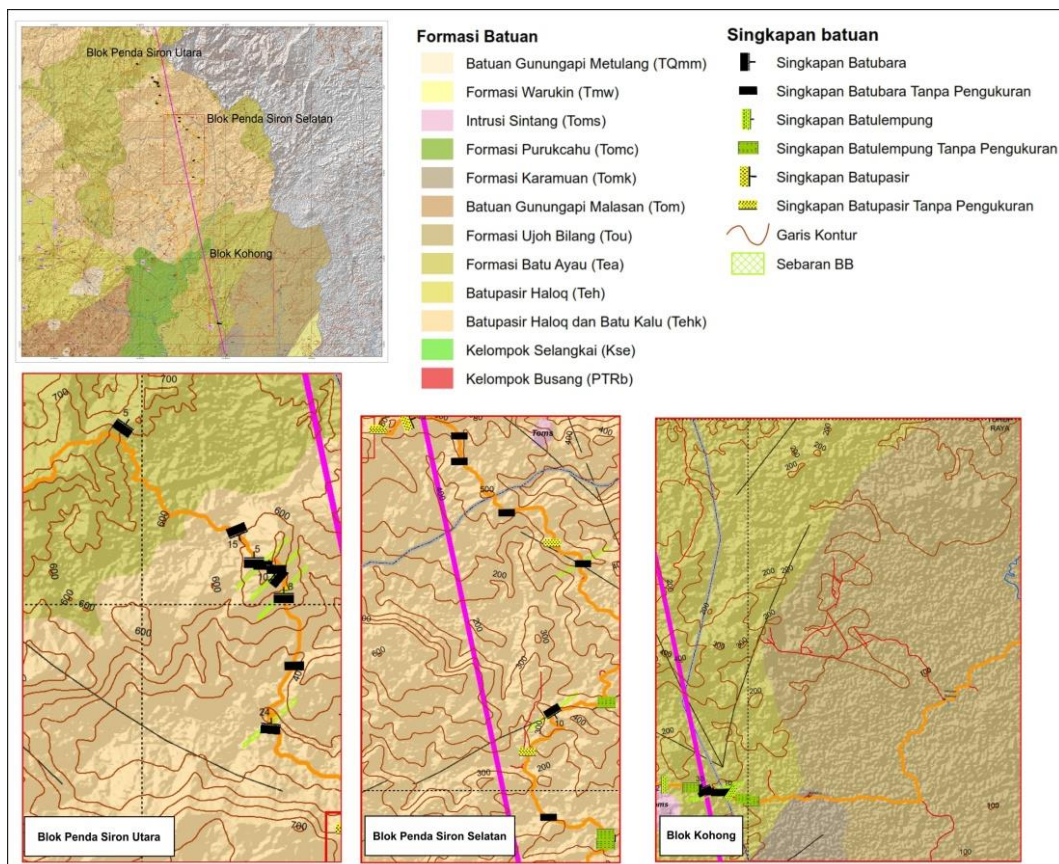
Tabel 1. Stratigrafi daerah Penyelidikan (modifikasi dari Supriatna, dkk., 1995; Soetrisno, dkk., 1994; Hidayat dan Umar, 1994)

UMUR		FORMASI	
KUARTER	HOLOSEN	Aluvium (Qa)	
	PLISTOSEN	Dahor (Td)	
	PLIOSEN		
TERSIER	MIOSEN	AKHIR	Warukin (Tmw) Puliubalang (Tmub)
		TENGAH	
		AWAL	Montalat (Tomm) Bensi (Tomb) Karamuan (Tomk) Purukcahu (Tome) Pamaluan (Tomp)
	OLIGOSEN	AKHIR	
		AWAL	Uchbilang (Tou) Tuyu (Toly)
	EOSEN		Batu Ayau (Tea)
		AKHIR	Tanjung (Tet) Batupasir Haloq (Teh)
		TENGAH	
	PALEOSEN		
		AWAL	
PRA TERSIER		Batuan Sedimen dan Vulkanik tak terpasaham (Ksp) Batuan Gunungapi Kasale (Kvh)	

INTRUSI SINTANG (TOMS)



Gambar 2. Peta Morfologi Daerah Penyelidikan



Gambar 3. Peta Geologi dan Sebaran Singkapan

Tabel 2. Data singkapan batubara daerah penyelidikan

Singkapan Batubara Blok Penda Siron Utara					
No	Kode	Bujur	Lintang	Strike / Dip	Tebal Batubara
1	LT 4	114,6994	-0,03091	N 275/24 E	4 m
2	LT 5	114,7027	0,0025	N 270/10 E	0,9 - 1 m
3	LT 6	114,7008	0,0074	N 220/8 E	2,3 m
4	LT 7	114,6975	0,0102	-	1 m
5	LT 8	114,6952	0,0115	N 270/5 E	-
6	LT 9	114,6911	0,0184	N 68/15 E	-
7	LT 10	114,662	0,0459	N 305/5 E	-
8	LT 11	114,7001	0,0091	-	-
9	LT 12	114,7054	-0,0155	-	-
Singkapan Batubara Blok Penda Siron Selatan					
No	Kode	Bujur	Lintang	Strike / Dip	Tebal Batubara
1	LT 1	114,7873	-0,1825	-	0,5-0,6 m
2	LT 2	114,7881	-0,1809	-	-
3	LT 3	114,7805	-0,0979	-	0,45 m
4	LT 15	114,7432	0,0592	-	0,2-0,25 m
5	LT 16	114,7432	-0,0669	-	0,1-0,17 m
6	LT 17	114,7575	-0,0824	-	0,6 - 1 m
7	LT 21	114,7718	-0,1431	N 58/10 E	1 m
8	LT 22	114,7702	-0,1746	-	0,1-0,2 m
Singkapan Batubara Blok Kohong					
No	Kode	Bujur	Lintang	Strike / Dip	Tebal Batubara
1	KHG 3	114,8154	-0,4585	-	-
2	KHG 7	114,8248	-0,4599	-	0,3 m
3	KHG 8	114,8239	-0,4602	-	> 1 m
4	KHG 9	114,8231	-0,4602	-	1 m
5	KHG 10	114,8207	-0,4601	-	1,4 m
6	KHG 11	114,8193	-0,4595	-	1,2 m
7	KHG 12	114,8182	-0,4589	N 245/30 E	0,6-0,9 m

PEMBAHASAN

Blok Penda Siron Utara

Blok Penda Siron Utara merupakan blok potensi batubara di Kabupaten Murung Raya yang berada pada wilayah fokus penyelidikan bagian utara. Blok ini merupakan bagian utara Desa Penda Siron, Kecamatan Laung Tuhup yang berbatasan dengan Kecamatan Uut Murung. Singkapan batubara yang dijumpai di Blok Penda Siron Utara berjumlah empat singkapan. Singkapan tersebut diberi kode LT 4, LT 5, LT 6 dan LT 7. Beberapa singkapan lain ditemukan dengan kondisi lapisan batubara yang banyak terdapat pengotor dan singkapan *coaly clay*, singkapan tersebut adalah LT 8, LT 9, LT 10, LT 11 dan LT 12.

Lapisan batubara yang ditemukan memiliki ketebalan yang bervariasi dengan ketebalan berkisar antara 20 cm hingga 4 m. Batubara paling tebal ditemukan pada lokasi dengan kode singkapan LT 4. Kenampakan batubara pada Blok Penda Siron Utara umumnya merupakan singkapan batubara dengan kilap terang, gores hitam, agak keras, pecahan menyudut dan menyerpih tidak beraturan, terlihat *cleat*. Singkapan yang dijumpai umumnya lapuk dan tererosi. Di beberapa tempat, lapisan batubara terdapat *parting* batulempung abu-abu gelap, agak keras – lunak. Batubara Blok Penda Siron Selatan merupakan batubara dari Formasi Batu Ayau (Tea). Berdasarkan rekonstruksi kedudukan arah jurus dan kemiringan

lapisan dan posisi stratigrafi dari masing-masing singkapan pada Blok Penda Siron Utara, diperkirakan terdapat empat lapisan batubara utama pada Blok Penda Siron Utara.

Berdasarkan hasil pengeplotan nilai *vitrinite reflectance*, *volatile matter* dan nilai kalori pada tabel ASTM (Gambar 3), peringkat batubara pada Blok Penda Siron Utara untuk lapisan PSU 1 yang diwakili oleh sampel LT 4B adalah *low volatile bituminous*, lapisan PSU 2 yang diwakili oleh sampel LT 5 adalah *low volatile bituminous* hingga *high volatile bituminous C*, lapisan PSU 3 yang diwakili oleh sampel LT 6A dan LT 6B adalah *low volatile bituminous* hingga *high volatile bituminous C* dan lapisan PSU 4 yang diwakili oleh sampel LT 7 adalah *medium volatile bituminous* hingga *high volatile bituminous C*. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa batubara Blok Penda Siron Utara termasuk kedalam peringkat batubara ***low volatile bituminous*** hingga ***high volatile bituminous***.

Berdasarkan nilai kalori, batubara Blok Penda Siron Utara memiliki rentang nilai kalori dalam *air dried basis* (adb) sekitar 4671 – 7003 kal/g. Sedangkan dalam basis *as received* (ar atau GAR), rentang nilai kalorinya adalah 3988 – 5537 kal/g. Kandungan abu batubara pada Blok Penda Siron Utara berkisar antara 3,13 – 23,22 %, Berdasarkan total sulfurnya, batubara Blok Penda Siron Utara memiliki rentang nilai total sulfur antara 0,44 – 1,04

%, berarti untuk lapisan PSU 3A (bagian atas) termasuk kedalam batubara dengan kadar sulfur sedang, sedangkan lapisan lainnya termasuk kedalam batubara kadar sulfur rendah. Berdasarkan hasil analisis abu, semua sampel yang mewakili lapisan batubara Blok Penda Siron Utara memiliki karakteristik abu batubara jenis abu bituminus. Sedangkan nilai indeks *slagging* berkisar antara 0,02 – 0,05 dan indeks *fouling* berkisar antara 0 – 0,04, kedua indeks tersebut termasuk klasifikasi rendah baik *slagging* maupun *fouling*nya.

Batubara pada Blok Penda Siron Utara memiliki kalori yang cukup tinggi, berdasarkan hal tersebut maka dilakukan evaluasi kesesuaiannya untuk digunakan sebagai batubara metalurgi. Parameter awal yang dilihat adalah kandungan FSI/CSN-nya untuk menentukan batubara tersebut merupakan *coking coal* atau bukan. Nilai FSI batubara Blok Penda Siron Utara adalah 0, dengan demikian batubaranya tidak dapat digolongkan sebagai *coking coal*. Batubara Blok Penda Siron Utara dapat dikategorikan sebagai batubara termal *high calorie* dengan kualitas atau *grade* yang baik.

Blok Penda Siron Selatan

Blok Penda Siron Selatan merupakan blok potensi batubara di Kabupaten Murung Raya yang berada pada wilayah fokus penyelidikan bagian Tengah. Blok ini merupakan bagian selatan Desa Penda Siron, Kecamatan

Laung Tuhup. Singkapan batubara yang dijumpai di Blok Penda Siron Utara berjumlah dua singkapan. Singkapan tersebut diberi kode LT 3 dan LT 21. Beberapa singkapan lain ditemukan dengan kondisi lapisan batubara yang banyak terdapat pengotor dan singkapan *coaly clay*, singkapan tersebut adalah LT 1, LT 2, LT 3, LT 12, LT 17, LT 21, dan LT 22. Lapisan batubara yang ditemukan memiliki ketebalan yang bervariasi dengan ketebalan berkisar antara 10 cm hingga 1 m. Batubara dengan ketebalan 1 meter ditemukan pada lokasi dengan kode singkapan LT 17 dan LT 21. Deskripsi singkapan batubara pada Blok Penda Siron Selatan umumnya merupakan singkapan batubara yang lapuk dan sebagian tererosi. Batubara dengan kilap agak terang, gores hitam, agak keras hingga mudah pecah, pecahan menyudut dan menyerpih tidak beraturan, terlihat *cleat*. Di beberapa tempat, lapisan batubara terdapat *parting* batulempung abu-abu gelap, agak keras – lunak dan pada beberapa singkapan ditemukan *coaly clay*. Batubara Blok Penda Siron Selatan merupakan batubara dari Formasi Batu Ayau (Tea). Lapisan batubara pada Blok Penda Siron Selatan berjumlah dua lapisan, berdasarkan data kedudukan arah jurus dan kemiringan, lapisan PSS 1 merupakan lapisan yang lebih tua dibandingkan dengan lapisan batubara PSS 2. Berdasarkan hasil pengeplotan nilai *vitrinite reflectance*, *volatile matter*

dan nilai kalori pada tabel ASTM (Gambar 3), peringkat batubara pada Blok Penda Siron Selatan untuk lapisan PSS 1 yang diwakili oleh sampel LT 3 adalah *medium volatile bituminous* sedangkan untuk lapisan PSU 2 yang diwakili oleh sampel LT 21 adalah *medium volatile bituminous* hingga *high volatile bituminous A*. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa batubara Blok Penda Siron Selatan termasuk kedalam peringkat batubara ***medium volatile bituminous*** hingga ***high volatile bituminous***.

Berdasarkan nilai kalori, batubara Blok Penda Siron Selatan memiliki nilai kalori dalam *air dried basis* (adb) sekitar 7550 kal/g dari lapisan PSS 1 dan nilai kalori 7342 kal/g dari lapisan PSS 2. Sedangkan dalam basis *as received* (ar atau GAR), rentang nilai kalorinya adalah 7004 kal/g dari lapisan PSS1 dan nilai kalori 6967 kal/g dari lapisan PSS 2. Kandungan abu batubara pada Blok Penda Siron Selatan berkisar antara 8,28 – 11,11 %, nilai tersebut menunjukkan abu batubara secara umum termasuk batubara kadar abu rendah (dibawah 18%). Lapisan batubara PSS 1 memiliki nilai total sulfur 1,35% yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan untuk lapisan batubara PSS 2 memiliki nilai total sulfur sebesar 0,71% yang termasuk dalam kategori rendah. Berdasarkan hasil analisis abu, semua sampel yang mewakili lapisan batubara Blok Penda Siron Selatan memiliki karakteristik abu

batubara jenis abu bituminus. Nilai indeks *slagging* berkisar antara 0,32 – 0,39 termasuk kedalam kategori rendah, sedangkan untuk indeks *fouling* berkisar antara 0,27 – 0,38 termasuk kedalam kategori sedang.

Nilai FSI batubara Blok Penda Siron Selatan untuk lapisan PSS 1 memiliki nilai FSI sebesar 9 dan lapisan PSS 2 memiliki nilai FSI 1. Lapisan Batubara PSS 1 memenuhi kriteria sebagai *coking coal*, sedangkan untuk lapisan PSS 2 merupakan *PCI coal*. Evaluasi parameter lainnya merujuk pada AME dalam PT. SMG Consultant, 2010 dan dikompilasi dari Carpenter, 2010 dan PT Cokal, 2018, untuk lapisan PSS 1 seperti nilai *total moisture* sebesar 8,65% (ar) memenuhi kriteria, namun nilai total sulfur sebesar 1,35% (adb) sedikit diatas ambang batas total sulfur kurang dari 1% dan kandungan abu batubara lapisan PSS 1 sebesar 11,11% juga sedikit diatas ambang batas kriteria dimana nilai kandungan abu batubara harus dibawah 10%. Kandungan *volatile matter* lapisan PSS 1 memiliki nilai 24,09 % (adb), nilai tersebut memenuhi kriteria batubara metalurgi dan termasuk nilai *medium volatile bituminous*. Berdasarkan evaluasi terhadap beberapa parameter tersebut terutama nilai FSI dan *volatile matter*-nya untuk PSS 1 dapat dikategorikan sebagai ***Hard Coking Coal*** yang mana untuk memastikan jenis *semi*, *hard* atau *prime hard*-nya perlu dilakukan analisis

tambahan berupa analisis *fluidity* dan CSR/CRI. Untuk lapisan batubara PSS 2, berdasarkan parameter nilai kandungan abu sebesar 8,28%, kandungan VM sebesar 28,62 dan total sulfur sebesar 0,71, maka lapisan batubara PSS 2 dapat dikategorikan sebagai **High Volatile PCI Coal**.

Blok Kohong

Blok Kohong merupakan blok potensi batubara di Kabupaten Murung Raya yang berada pada wilayah fokus penyelidikan bagian Selatan. Singkapan batubara yang dijumpai di Blok Kohong berjumlah dua singkapan. Singkapan tersebut diberi kode KHG 9 dan KHG 10. Beberapa singkapan lain ditemukan dengan kondisi lapisan batubara yang banyak terdapat pengotor dan singkapan *coaly clay*, singkapan tersebut adalah KHG 3, KHG 7, KHG 8, KHG 9, KHG 10, KHG 11 dan KHG 12. Lapisan batubara yang ditemukan memiliki ketebalan yang bervariasi dengan ketebalan berkisar antara 30 cm hingga 1,4 m. Deskripsi singkapan batubara pada Blok Kohong umumnya merupakan singkapan batubara yang bagian *roof* telah tererosi, dan di beberapa tempat merupakan singkapan batubara yang telah lapuk. Batubara dengan kilap terang hingga kusam, gores hitam, agak keras hingga mudah pecah, pecahan menyudut hingga *blocky*, sedikit mengotori tangan dan terlihat *cleat*. Di beberapa tempat, lapisan batubara

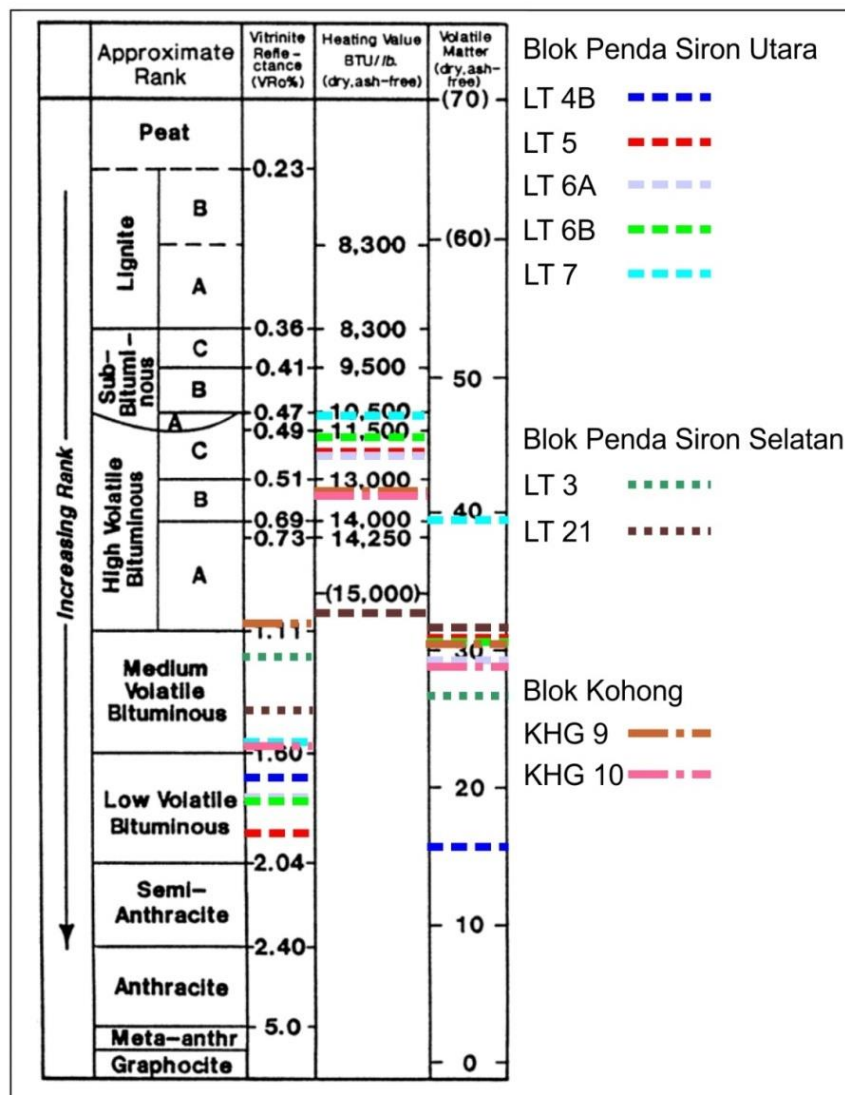
terdapat *parting* batulempung abu-abu, agak keras – lunak. Berdasarkan pengeplotan pada peta geologi regional, batubara pada blok berada pada Formasi Batu Ayau (Tea).

Berdasarkan rekonstruksi kedudukan arah jurus dan kemiringan lapisan dan posisi stratigrafi dari masing-masing singkapan pada Blok Kohong, diperkirakan terdapat dua lapisan batubara utama yaitu lapisan KOH 1 yang merupakan lapisan yang lebih tua dibandingkan dengan lapisan batubara KOH 2. Berdasarkan hasil pengeplotan nilai *vitrinite reflectance*, *volatile matter* dan nilai kalori pada tabel ASTM (Gambar 3), peringkat batubara pada Blok Kohong untuk lapisan KOH 1 yang diwakili oleh sampel KHG 9 dan lapisan KOH 2 yang diwakili oleh sampel KHG 10 adalah **medium volatile bituminous** hingga **high volatile bituminous**. Hasil dari *plotting* tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Berdasarkan nilai kalori, batubara Blok Kohong memiliki nilai kalori dalam *air dried basis* (adb) sekitar 4188 kal/g dari lapisan KOH 1 dan nilai kalori 6235 kal/g dari lapisan KOH 2. Sedangkan dalam basis as received (ar atau GAR), rentang nilai kalorinya adalah 3899 kal/g dari lapisan KOH 1 dan nilai kalori 5723 kal/g dari lapisan KOH 2. Kandungan abu batubara pada Blok Kohong untuk lapisan KOH 1 adalah sebesar 37,87% termasuk dalam kadar abu tinggi diatas 18% dan untuk lapisan KOH 2 memiliki kandungan

abu sebesar 8,65% tergolong kadar abu rendah. Berdasarkan total sulfurnya, lapisan batubara KOH 1 memiliki nilai total sulfur 0,44% dan lapisan KOH 2 memiliki nilai total sulfur 0,7%, sehingga disimpulkan bahwa kedua lapisan tersebut termasuk kedalam batubara kandungan sulfur rendah. Berdasarkan hasil analisis abu, semua sampel yang mewakili lapisan batubara Blok Kohong memiliki karakteristik abu batubara jenis abu

bituminous. Nilai indeks *slagging* dan indeks *fouling* pada dua lapisan batubara Blok Kohong termasuk kedalam kategori rendah.

Nilai FSI dari lapisan batubara pada Blok Kohong menunjukkan nilai 0 sehingga tidak dilakukan evaluasi karakteristik batubara metalurgi untuk blok ini. Batubara Blok Kohong dikategorikan sebagai batubara thermal *medum - high calorie*.



Gambar 3. Hasil plotting nilai vitrinite reflectance, volatile matter dan kalori dari sampel kegiatan penyelidikan (tabel modifikasi dari ASTM)

Tabel 3. Hasil *plotting* nilai *vitrinite reflectance*, *volatile matter* dan kalori dari sampel kegiatan penyelidikan (tabel modifikasi dari ASTM)

No	Parameter		Satuan	Basis	Kisaran Nilai		
					Penda Siron Utara	Penda Siron Selatan	Kohong
1	Proksimat	Total Moisture (TM)	%	ar	12,56-25,11	7,22 – 8,65	11,28 – 13,69
2		Moisture (M)	%	adb	2,11 - 12,29	1,43 – 2,23	4,71– 5,97
3		Volatile Matter (VM)	%	adb	13,93 - 31,17	24,09 – 28,62	18,16– 25,07
4		Fixed Carbon (FC)	%	adb	47,89 - 69,37	60,89 – 63,37	39,26– 60,31
5		Ash	%	adb	3,13-23,22	8,28 – 11,11	8,65 – 37,87
6	Total Sulfur (TS)		%	adb	0,44-1,04	0,71 – 1,35	0,44 – 0,7
7	Calorific Value (CV)		cal/gr	ar	3.988-5.537	6.967 – 7.004	3.899 – 5.723
8			cal/gr	adb	4.671 - 7.003	7.342 – 7.550	4.188 – 6.235
9			btu/lb	daf	10.571,4 - 15.132,6	14.767,2 – 15.539,4	13.129,2 – 13.145,4
11	Relative Density				1,4 –1,69	1,37– 1,41	1,29 – 1,32
12	Free Swelling Index				0	1-9	0
13	Hardgrove Grindability Index				75 - 109	83 – 100	77 – 113
14	Ultimat	Carbon (C)	%	daf	71,22– 90,65	83,04– 88,06	76,38 – 78,55
15		Hidrogen (H)	%	daf	3,14 – 4,41	4,82 – 5,58	3,63 – 3,7
16		Nitrogen (N)	%	daf	1,35 – 1,55	2,23– 2,37	1,9 – 1,93
17		Oksigen (O)	%	daf	2,64 – 23,73	2,45 – 9,12	15,1 – 17,23
18		Sulfur (S)	%	daf	0,55 – 1,17	0,79 – 1,54	0,76 – 0,82
19	Petrografi	Vitrinite (V)	%		95,6 – 98,8	85 – 92,2	88,4 - 93
20		Inertinite (I)	%		0 – 1,2	0,2 – 2,6	0 – 0,2
21		Liptinite (L)	%		-	-	-
22		Clay	%		1 – 3,2	3 – 9,2	4,4– 10
23		Oksida Besi	%		0 – 0,6	0 – 0,6	0,4 – 2
24		Pirit (Py)	%		0 – 0,6	1,6 – 5,4	0,6 - 1
25		Vitrinite Reflectance	%		1,64 – 1,98	1,2 – 1,45	1,08 – 1,58

No	Parameter	Satuan	Basis	Kisaran Nilai			
				Penda Siron Utara	Penda Siron Selatan	Kohong	
26	Analisis Abu (<i>major oxide</i>)	SiO ₂	%		11,14 – 73,86	45,35 – 56,15	47,39 – 72,18
27		Al ₂ O ₃	%		18,92 – 72,23	19,52 – 20,69	19,38– 20,29
28		Fe ₂ O ₃	%		0,79 – 3,6	15,39 – 25,61	1,61 – 26,32
29		CaO	%		0,4 – 1,78	1,58 – 1,62	0,42 – 0,68
30		MgO	%		0,28 – 0,52	0,64 – 0,88	0,44 – 0,65
31		Na ₂ O	%		0 – 0,6	0,59 – 1,3	0,01 – 0,11
32		K ₂ O	%		0,88 – 2,86	1,55 – 2,94	1,93 – 2,37
33		TiO2	%		0,15 – 1,09	0,5 – 0,64	0,75 – 0,99
34		MnO	%		0,01 – 0,02	0,04 – 0,04	0,02 – 0,02
35		P ₂ O ₅	%		0,09– 0,19	0,12 – 0,13	0,09 – 0,92
36		SO ₃	%		0,03 – 2,94	0,73– 1,41	0,09 – 0,84
37		H ₂ O-	%		0,08 – 2,68	0,04 – 0,32	0,14 – 0,37
38		HD	%		0,61 – 10,32	0,56 – 1,92	0,99 – 1,53
39		Indeks <i>Slagging</i>			0,02 – 0,05	0,32 – 0,39	0,02 – 0,3
40		Indeks <i>Fouling</i>			0 – 0,04,	0,27 – 0,38	0,001 – 0,05
<i>*nilai anomali (perlu dipastikan penyebabnya apa, sampel yang buruk atau memang batubaranya)</i>							

Potensi Endapan Batubara

Mengacu kepada SNI:5015 tahun 2019 tentang Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Batubara, pembagian kelas potensi batubara didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan. Kelas – kelas potensi batubara diantaranya target eksplorasi batubara, inventori batubara, sumber daya batubara, dan cadangan batubara. Pada penyelidikan kali ini data yang didapat

pada masing-masing seam/lapisannya hampir seluruhnya hanya memiliki satu titik informasi dan titik pengamatannya hanya berasal dari singkapan ke arah *strike* dan belum ada yang ke arah *down dip* (harus berasal dari pengeboran) sehingga penggolongan potensi batubaranya masih berupa target eksplorasi.

Estimasi potensi batubara pada daerah penyelidikan berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan adalah

sebesar 2,02 juta ton target eksplorasi minimum dan 4,05 juta ton untuk target eksplorasi maksimum.

Jumlah tersebut terbagi atas Blok Penda Siron Utara sejumlah 1.527.059,88 - 3.054.119,77 ton, Blok Penda Siron Selatan sejumlah 271.414,38 - 542.828,76 ton, Blok Kohong sejumlah 227.463,05 - 454.926,11 ton.

KESIMPULAN

Terdapat tiga blok prospek batubara yang ditemukan dari hasil penyelidikan, yaitu Blok Penda Siron Utara, Blok Penda Siron Selatan, dan Blok Kohong. Hasil estimasi sumberdaya batubara pada kelas target eksplorasi, potensi batubara ditotal dari ketiga blok tersebut adalah sebesar 2.025.937 ton untuk target eskplorasi minimum dan sebesar 4.051.874 ton untuk target eksplorasi maksimum. Batubara Blok Penda Siron Utara digolongkan pada peringkat *low volatile bituminous* hingga *high volatile bituminous* dengan nilai kalori berkisar antara 4671 – 7003 kal/g dalam basis adb dan 3988 – 5537 kal/g pada basis ar atau GAR. Batubara Blok Penda Siron Selatan digolongkan pada peringkat *medium volatile bituminous* hingga *high*

volatile bituminous dengan nilai kalori berkisar antara 7342 – 7550 kal/g dalam basis adb dan 6967 – 7004 kal/g pada basis ar atau GAR dan Batubara Blok Kohong digolongkan pada peringkat

medium volatile bituminous hingga *high volatile bituminous* dengan nilai kalori berkisar antara 4188 – 6235 kal/g dalam basis adb dan 3899 – 5723 kal/g pada basis ar atau GAR.

SARAN

Blok prospek yang dihasilkan dari penyelidikan kali ini, khususnya Blok Penda Siron Utara, lokasinya cukup jauh dan *remote*, akses perjalanan darat menuju ke lokasi blok prospek dari jalan *hauling* terdekat masih harus dilalui sekitar 4 jam perjalanan, dan kualitas jalan tergolong kurang baik. Pertimbangan tersebut disarankan menjadi bahan pertimbangan dalam merencanakan kegiatan eksplorasi lanjutan pada blok tersebut.

Data hasil penyelidikan ini merupakan data dengan status eksplorasi tahapan awal sehingga data yang didapatkan masih belum mendetail, oleh karena itu masih terbuka kemungkinan potensi pada daerah penyelidikan khususnya blok – blok prospek yang sudah ada bisa berubah seiring dengan peningkatan tahapan eksplorasi yang dilakukan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2020. Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber Daya Batubara, Gambut dan Gas Metana Batubara. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- Carpenter, A.M., 2010. Injection of coal and waste plastics in blast furnaces, IEA Clean Coal Centre.
- Hidayat, S., Umar, I., 1994. Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan. Bandung.
- PT SMG Consultans, 2010. Indonesian *Coking coals*.
- SNI:5015, 2019. Standar Nasional Indonesia Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya, dan cadangan batubara.
- Soetrisno, Supriatna, S., Rustandi, E., Sanyoto, P., dan Hasan, K., 1994. Peta geologi lembar Buntok, Kalimantan. Bandung.
- Supriatna, S., Sudrajat, A., Abidin, H.Z., 1995. Peta Geologi Lembar Muaratewe, Kalimantan. Bandung.
- Tim Uji Petik Batubara Metalurgi PSDMBP., 2022. Laporan Uji Petik Karakterisasi Batubara Metalurgi, Provinsi Kalimantan Tengah. Bandung.

**PROSPEKSI BATUBARA DENGAN METODE GEOLOGI DAN GEOFISIKA
DAERAH BATULICIN, KABUPATEN TANAH BUMBU,
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

**Soleh Basuki Rahmat¹, M. Rizki Ramdhani¹, Hans E. Siregar¹, Fitro Zamani²,
Robet L. Tobing¹, dan Nelly Susana²**

²Kelompok Kerja Batubara dan ²Kelompok Kerja Sarana Teknik
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Kegiatan prospeksi batubara di daerah Batulicin dan sekitarnya dimaksudkan untuk melakukan eksplorasi pendahuluan batubara dengan berbagai metode antara lain pemetaan, dan geofisika dalam rangka tersusunnya rekomendasi keprospekan potensi batubara dan GMB. Kegiatan prospeksi ini dilakukan dengan metode geologi dan geofisika dengan target Formasi Tanjung yang merupakan salah satu formasi pembawa batubara.

Hasil prospeksi menunjukkan bahwa batubara di daerah penyelidikan dapat dibagi ke dalam 2 Blok, yaitu Blok I yang berada di daerah sebelah Barat daerah prospeksi dan Blok II yang berada di daerah sebelah Timur daerah Prospeksi. Hasil korelasi data primer dan sekunder menunjukkan indikasi bahwa daerah prospeksi memiliki 5 lapisan batubara dengan ketebalan berkisar antara 0,10 meter hingga lebih dari 2 meter.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa nilai kalori batubara di daerah prospeksi memiliki kisaran antara 5462 – 7193 kal/gr (adb) atau 7000 – 7480 cal/gr (daf). Berdasarkan peringkat batubara ASTM maka batubara di daerah prospeksi termasuk ke dalam peringkat *high volatile B bituminous coal*.

Kegiatan pengukuran geofisika yang dilakukan di daerah prospeksi memiliki total panjang lintasan 7,5 km untuk sesimik, dan 2 km untuk lintasan GPR dengan arah lintasan relatif Barat - Timur dan memotong arah jurus lapisan batubara. Hasil dari interpretasi seismik menunjukkan bahwa perlapisan batuan di daerah penyelidikan memiliki perulangan sinklin dan antiklin (antiklinorium).

Hasil perhitungan sumberdaya menunjukkan bahwa potensi batubara di daerah penyelidikan termasuk ke dalam kategori inventori tereka dengan jumlah nilai inventori untuk Blok I sebesar 18,2 juta ton dan Blok II sebesar 80,9 juta ton. Hasil analisis *adsorption isotherm* menunjukkan kemampuan menyimpan gas dalam batubara di daerah penyelidikan pada kedalaman 100 m hingga 400 m berkisar antara 80 scf/ton (ar) hingga 150 scf/ton (ar).

Kata kunci: Batubara, Seismik, GPR, Prospeksi

PENDAHULUAN

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 mengandung gas metana batubara (GMB) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi setara dengan gas konvensional.

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 15 Tahun 2021, salah satu fungsi Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) - Badan Geologi, adalah pelaksanaan penelitian, penyelidikan dan pelayanan dibidang sumber daya mineral, batubara, dan panas bumi. Oleh karena itu untuk mencapai sasaran prioritas pembangunan tersebut maka PSDMBP melakukan eksplorasi wilayah keprospekan sumber daya batubara, gambut, dan GMB. Kegiatan tersebut dilakukan dengan tujuan utama untuk mengetahui potensi batubara di Indonesia termasuk untuk meningkatkan status sumber daya batubara, melengkapi bank data nasional maupun sebagai rekomendasi dalam rangka penyusunan Wilayah Pertambangan (WP) batubara serta Wilayah Keprospekan Gas Metana Batubara (GMB).

Kegiatan ini dilaksanakan sebagai implementasi dari Rencana Strategis Badan Geologi 2020 – 2024 dan Rencana

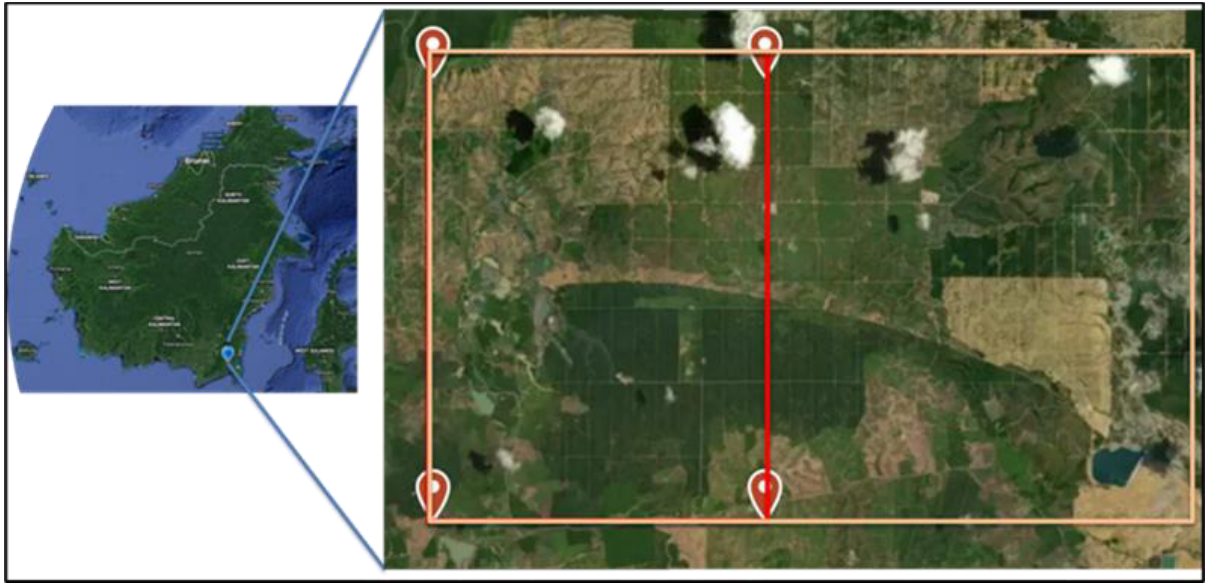
Strategis Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi 2020 – 2024 serta untuk mendukung percepatan pembangunan terkait pengungkapan potensi sumber daya batubara, gambut, dan GMB dalam rangka penyusunan Wilayah Pertambangan (WP) batubara serta Wilayah Keprospekan GMB, terutama di wilayah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan.

Dalam rangka mencapai beberapa hal tersebut diatas, pada tahun 2022, salah satu kegiatan PSDMBP adalah melakukan prospeksi batubara dengan metode geologi dan geofisika di daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan (**Gambar 1**). Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pengungkapan potensi sumber daya batubara dan GMB di seluruh wilayah Indonesia dengan lebih optimal.

METODOLOGI

Metodologi yang dipakai dalam dalam evaluasi ini terdiri dari:

- Pengumpulan dan pengelompokan data dari kegiatan penelitian terdahulu (data sekunder);
- Pemetaan geologi batubara di daerah penyelidikan.
- Seismik dangkal dan *Ground Penetrating Radar* (GPR)
- Analisis laboratorium;
- pengolahan dan pengevaluasian data.



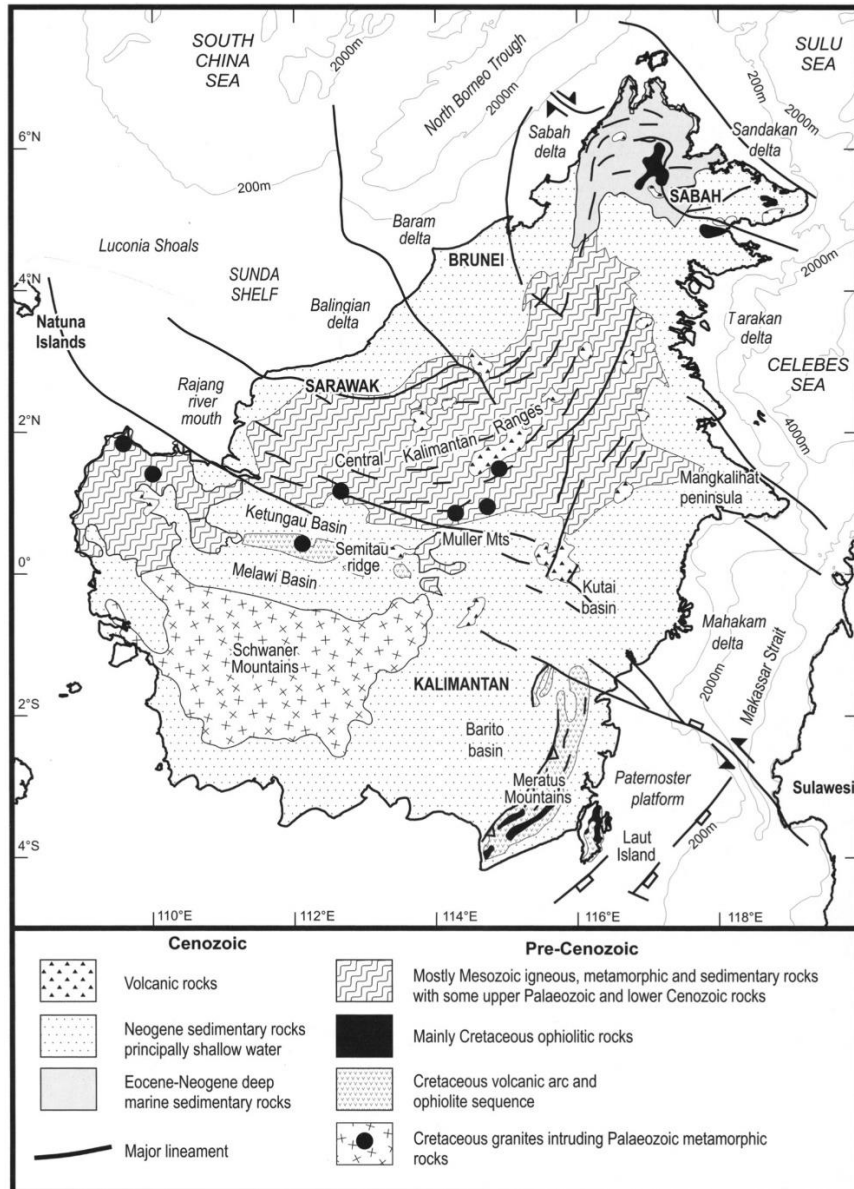
Gambar 1. Lokasi daerah penyelidikan

GEOLOGI REGIONAL

Pulau Kalimantan berada di bagian tenggara lempeng Eurasia. Berbatasan di utara dengan Cekungan Laut Cina Selatan, di sebelah timur Sabuk Laut Filipina dan Lempeng Laut Filipina dan di sebelah selatan dengan Sistem Busur Banda dan Sunda (**Gambar 2**). Dibagian barat dibatasi oleh Sunda Shelf dan kerak benua Paleozoikum dan Mesozoikum dari Semenanjung Malay. Blok Besar Kalimantan dikelilingi oleh batas lempeng dan sistem busur pada bagian utara, timur dan selatan yang aktif selama Tersier hingga saat ini dan dibatasi oleh bagian barat yang belum tereksplor.

Pulau Kalimantan secara litologi tersusun oleh dua kelompok batuan berumur Paleozoikum dan batuan berumur Kenozoikum (Setyanta 2016; Santi &

Panggabea, 2013; Hall & Nichols, 2002). Menurut Hutchison (1989), bagian barat Kalimantan dialasi oleh batuan Pra Kapur Kontinen Sunda, sedangkan bagian Timur sebagian dialasi oleh kerak samudera. Pada Miosen Awal terjadi perubahan karakter sedimentasi di sekitar Kalimantan. Sejumlah besar sedimen klastik mulai mengisi cekungan laut dalam di utara dan timur pulau dan membentuk sistem delta mayor yang menjauh dari pulau tersebut (Hall & Nichol, 2002). Beberapa cekungan di bagian timur Kalimantan antara lain Cekungan Kutai, Cekungan Barito dan Cekungan Asem-asem. Cekungan-cekungan ini merupakan cekungan utama dimana endapan batubara ditemukan dalam jumlah yang banyak. Daerah prospeksi masuk kedalam Cekungan Asem Asem.



Gambar 2. Geologi Pulau Kalimantan yang telah disederhanakan (Hall and Nichols, 2002)

HASIL PENYELIDIKAN LAPANGAN

Morfologi

Hasil dari pengamatan di lapangan, analisis peta topografi, dan analisis peta *Digital Elevation Model* (DEM), menunjukkan bahwa secara umum morfologi daerah penyelidikan dibagi menjadi 3 (tiga) satuan morfologi, yaitu satuan morfologi pedataran, satuan morfologi perbukitan bergelombang dan

satuan morfologi perbukitan terjal. Satuan morfologi pedataran diwakili oleh warna hijau pada peta morfologi, sementara satuan morfologi perbukitan landai diwakili oleh warna kuning dan satuan morfologi perbukitan curam diwakili oleh warna oranye (**Gambar 3**)

Satuan morfologi pedataran merupakan salahsatu satuan morfologi yang memiliki daerah sebaran yang cukup

besar di daerah penyelidikan. Satuan ini memiliki ketinggian yang berkisar antara 35 meter hingga 70 meter di atas permukaan laut dan menempati sekitar 40% luas daerah penyelidikan. Satuan morfologi yang kedua adalah satuan morfologi perbukitan landai yang menempati luas kurang lebih 45% dari daerah penyelidikan. Satuan ini terutama mendominasi bagian Utara daerah prospeksi. Satuan morfologi yang terakhir adalah satuan morfologi perbukitan curam. Satuan ini hanya menempati sekitar 15% dari seluruh daerah penyelidikan dan berada di sebelah Timur dan Baratlaut pada lokasi prospeksi (**Gambar 4**).

Singkapan Batubara dan Batuan Lainnya

Lokasi singkapan hasil pemetaan di lapangan dapat dilihat pada **Gambar 5**. Terdapat 7 (tujuh) singkapan batubara dan sisanya merupakan batuan lainnya berupa batulempung dan batupasir. Beberapa singkapan ditemukan di bekas tambang yang ditinggalkan, sementara singkapan batubara lainnya ditemukan pada lokasi penambangan yang diusahakan oleh masyarakat.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, lapisan batubara dari Formasi Tanjung secara megaskopis mempunyai warna hitam kecoklatan hingga hitam, kilap agak terang hingga terang, tidak mengotori tangan, gores-garis hitam, keras, *brittle*, belahan konkoidal, *cleat* terlihat jelas

(**Gambar 6**). Arah penyebarannya relatif Utara – Selatan mengikuti *strike* yang ada dengan kemiringan di bawah 20° , beberapa bahkan di bawah 10° . Hasil korelasi menunjukkan paling tidak terdapat 5 (lima) lapisan (*seam*) batubara dengan ketebalan yang bervariasi mulai dari 0,5 m hingga lebih dari 2 m.

Survey Geofisika

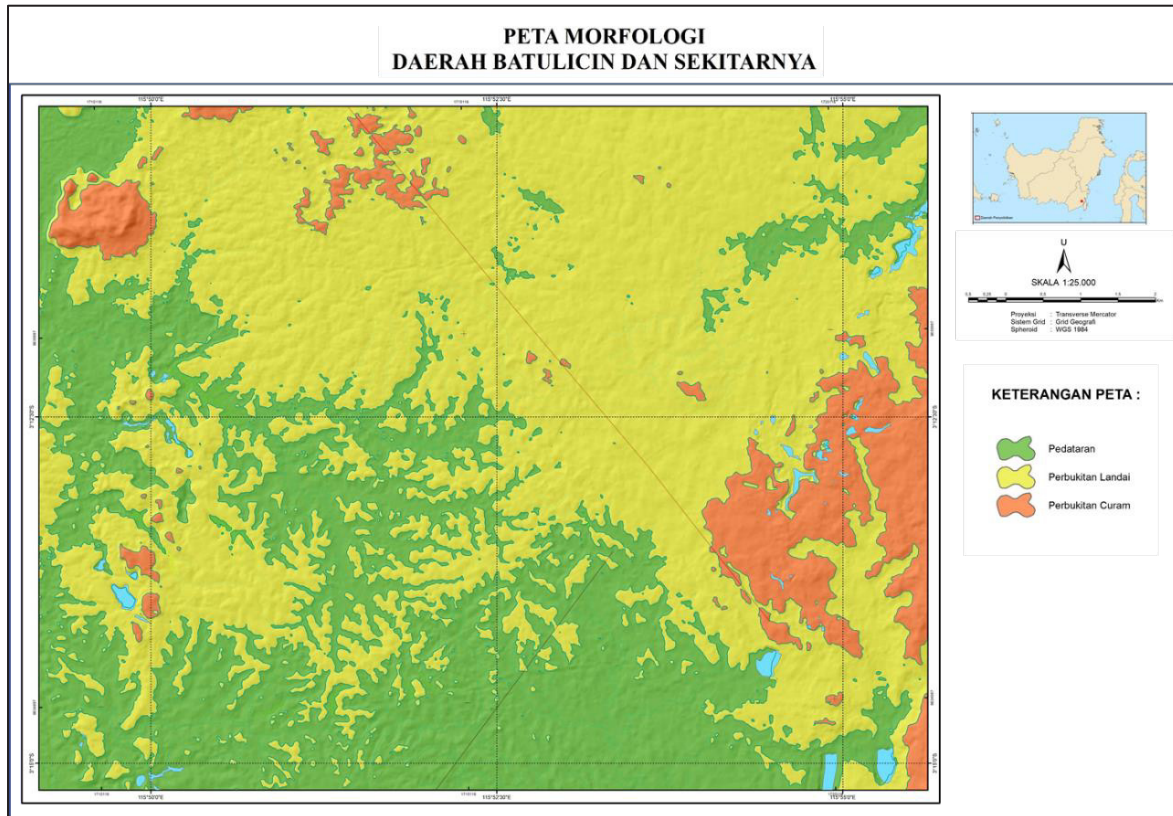
Dalam kegiatan prospeksi batubara di daerah Batulicin dan sekitarnya, dilakukan juga survey geofisika. Metoda yang dipergunakan adalah seismik dan *Geo Penetrating Radar* (GPR) yang dilakukan untuk mengetahui konfigurasi perlapisan bawah permukaan daerah prospeksi. Pada kegiatan prospeksi batubara ini, telah dilakukan pengukuran seismik pada 3 lintasan seismik yaitu lintasan 1, 2 dan 3 dengan total lintasan 7,5 km. Lintasan-1 memiliki panjang 3 kilometer, Lintasan-2 memiliki panjang 3,5 kilometer dan Lintasan-3 memiliki panjang 1 kilometer. Lintasan 1 dan 2 ini memiliki arah relatif Barat-Timur dan Lintasan 3 memiliki arah Utara - Selatan menghubungkan Lintasan 1 dan 2. Penentuan arah lintasan ini berdasarkan aspek dan target dari sebaran lapisan batubara di lokasi penyelidikan.

Sementara untuk lintasan GPR, dilakukan beberapa kali pengukuran. Pengukuran awal dilakukan di atas singkapan untuk mengetahui sejauh mana

hasil dari GPR bila dibandingkan dengan singkapan yang ada.

Selanjutnya pengukuran dilakukan pada tiga lintasan di atas lintasan seismic, yaitu Lintasan A memiliki panjang 500m,

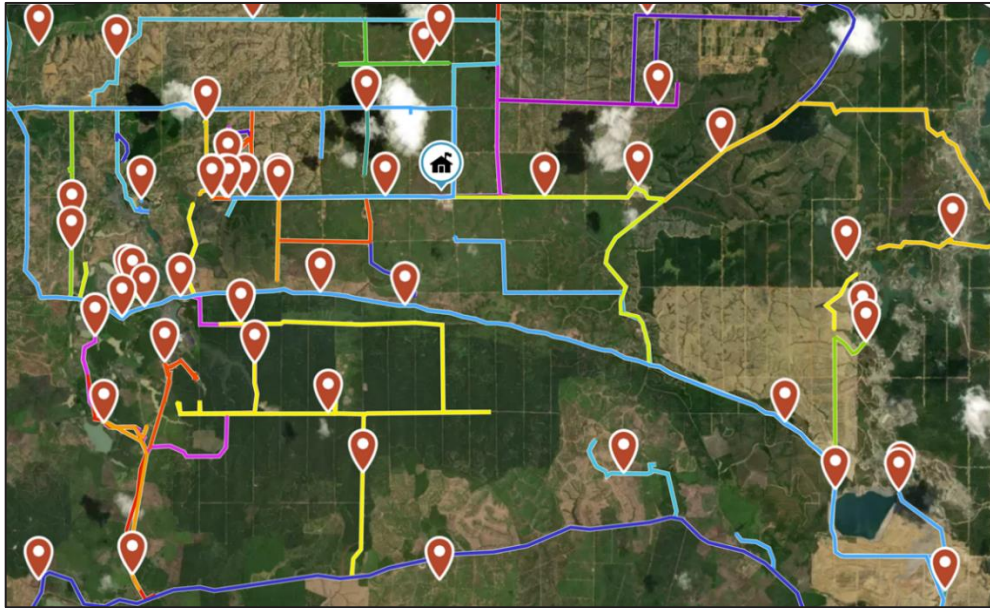
Lintasan B memiliki panjang 500 m dan Lintasan C dengan panjang lintasan 1000 m (**Gambar 7**). Total panjang lintasan kurang lebih dua kilometer.



Gambar 3. Morfologi daerah prospeksi



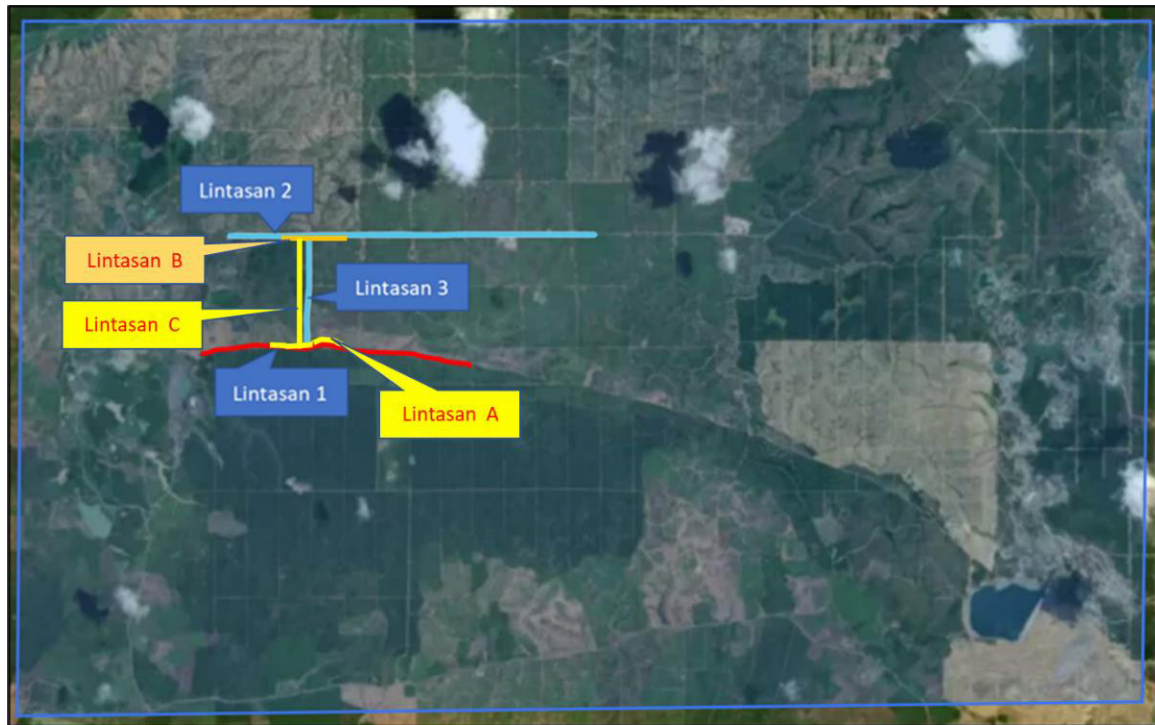
Gambar 4. Satuan morfologi pedataran dan satuan morfologi perbukitan curam di kejauhan. Satuan morfologi curam didominasi oleh perbukitan gamping yang merupakan bagian dari Formasi Beraí.



Gambar 5. Lokasi singkapan batubara dan batuan lainnya serta lintasan pemetaan geologi di lapangan



Gambar 6. Kenampakan batubara Formasi Tanjung di daerah prospeksi. Terlihat sisipan batulanau abu dan rekahan di batubara (*cleat*) yang cukup banyak



Gambar 7. Lintasan pengukuran geofisika di daerah penyelidikan
(Pengukuran seismik: Lintasan 1, 2, dan 3; sedangkan GPR: Lintasan A, B, dan C)

PEMBAHASAN

Pemetaan Geologi

Pemetaan geologi dititik beratkan pada formasi pembawa batubara, yaitu Formasi Tanjung (Tet) yang berumur Eosen. Hasil penyelidikan di lapangan menemukan 7 (tujuh) singkapan batubara yang umumnya ditemukan di lokasi tebing bekas tambang liar.

Selain data hasil lapangan, digunakan juga data sekunder untuk analisis sebaran batubaranya. Data sekunder yang digunakan adalah ada hasil pemboran NEDO pada tahun 1997 (**Gambar 8**). Sayangnya data yang ada hanya berupa data *collar* pemboran dan tidak ada laporan lengkapnya (PSDMBP - NEDO, 2008). Berdasarkan data pemboran yang dilakukan oleh NEDO, batubara

ditemukan pada kedalaman lebih dari 50 m di bawah permukaan tanah (**Gambar 9**). Hasil korelasi pemboran menunjukkan bahwa perlapisan Batubara kemungkinan besar membentuk sinklin. Mengingat kemiringan batubara di daerah prospeksi cukup rendah yaitu di bawah 15° , maka kecil kemungkinan lapisan batubara muncul ke permukaan di daerah prospeksi.

Hasil korelasi menunjukkan bahwa di daerah penyelidikan sedikitnya terdapat 5 *seam* batubara dengan ketebalan berkisar antara 0,2 m hingga 3,5 m. *Seam* yang memiliki ketebalan di atas 1 m adalah *Seam* B, C, D dan E. *Seam* B dan E memiliki variasi yang ketebalan yang cukup tinggi. Ketebalan *seam* dapat dilihat pada Tabel 1.

Survey Geofisika

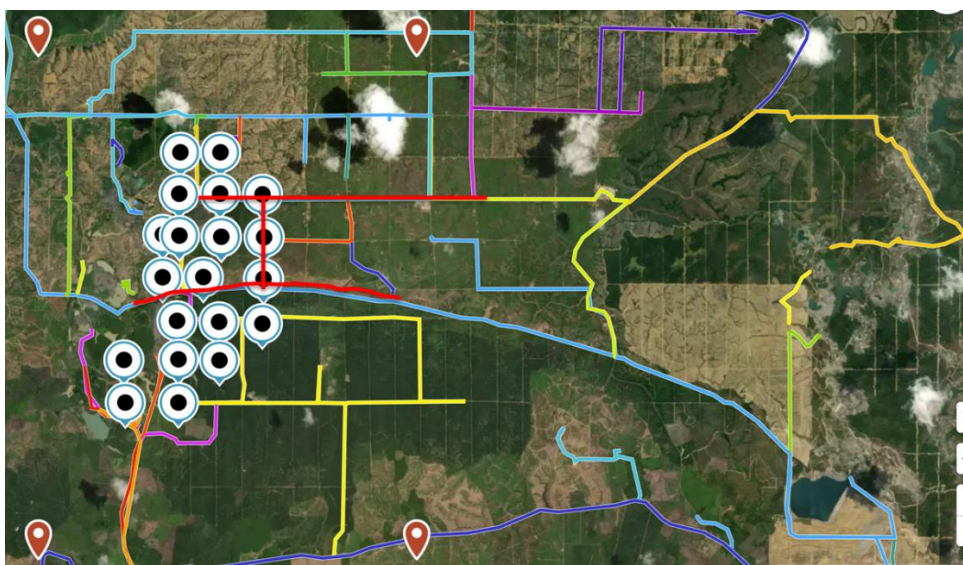
Tahapan pengolahan data seismik yang digunakan umumnya ada 3, yaitu *preprocessing*, *processing*, dan *stack & display* (**Gambar 10**). Dalam pengolahan data seismik refleksi dangkal, tidak ada kriteria khusus dan baku. Sebagai contoh, dalam beberapa kasus data seismik refleksi dangkal tidak membutuhkan dekonvolusi dalam tahapan pengolahan data (Yilmaz, 2015). Semua parameter dioptimalkan untuk meminimalisir *noise* dan menjaga frekuensi tinggi data seismik. Hasil akhir dari pengolahan seismik refleksi dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Sementara dari pengukuran GPR, hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada percobaan pengukuran di singkapan batuan, ketebalan dan litologi tidak dapat teridentifikasi dengan baik. Hal ini kemungkinan besar dikarenakan litologi yang ada memiliki kesamaan yaitu

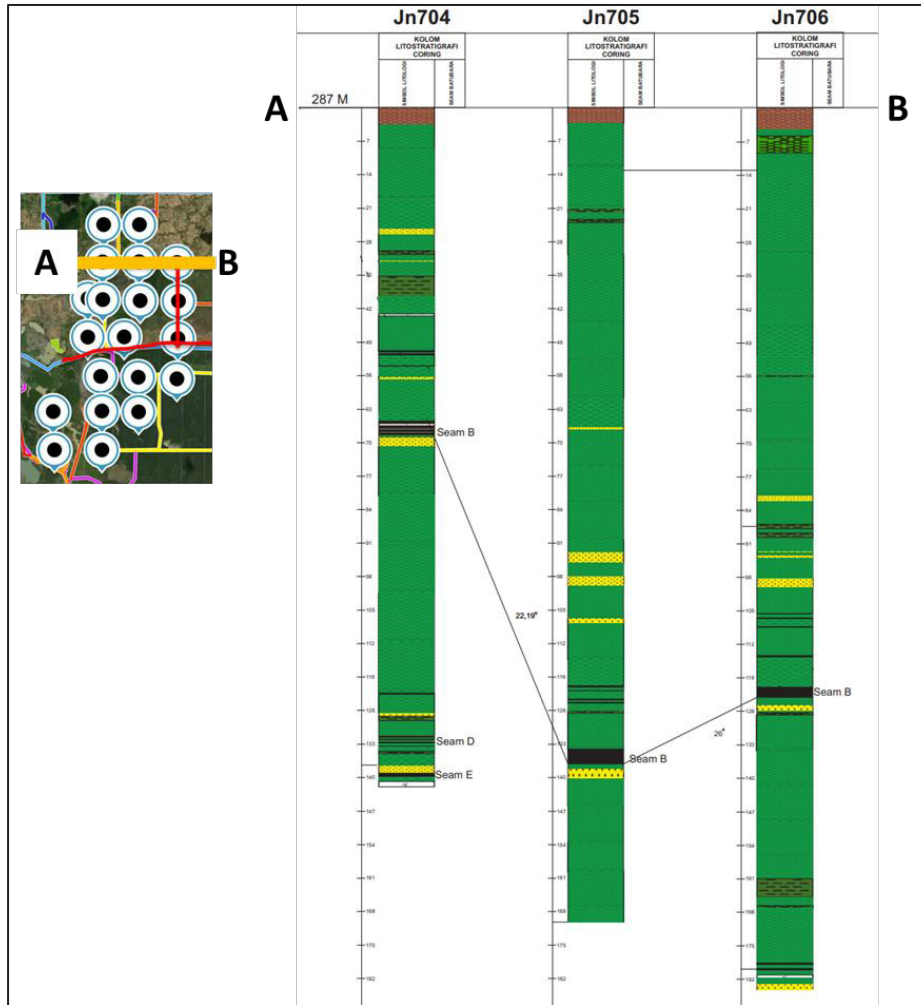
perselingan antara lempung dan batulanau yang memiliki densitas tidak terlalu jauh berbeda. Pengukuran yang dilakukan pada Lintasan A menunjukkan hasil yang kurang baik. Lintasan ini dilakukan di atas Lintasan Seismik 1 sejauh 500 m. Penyebab dari hasil yang kurang baik ini belum dapat diketahui secara pasti. Sementara untuk Lintasan B dan C, hasil pengukuran GPR juga menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Perlapisan batuan di sepanjang lintasan kurang dapat direkam dengan baik. Hasil dari Lintasan A, B dan C dapat dilihat pada **Gambar 12**.

Tabel 1. Variasi ketebalan perlapisan batubara di daerah penyelidikan

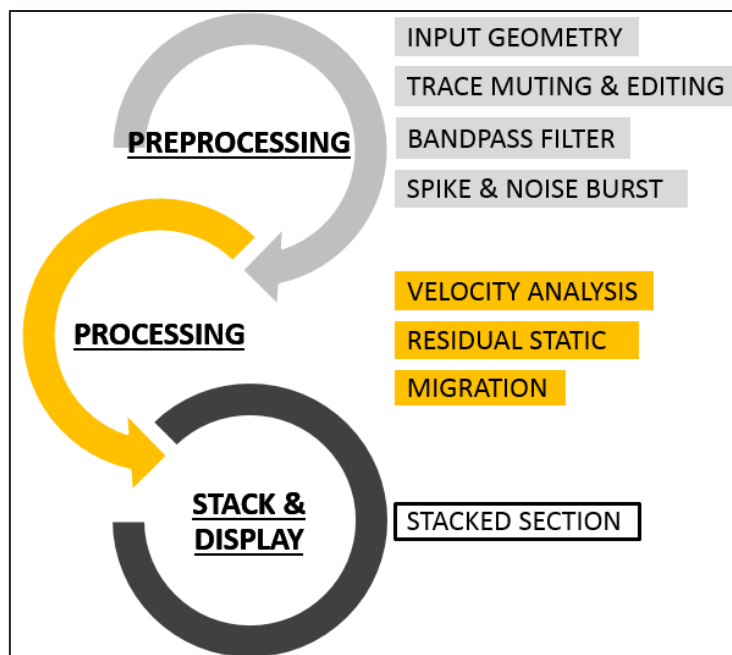
Seam	Min (m)	Max (m)
A	0,13	0,24
B	1,1	3,15
C	0,16	1,98
D	0,7	3,58
E	0,52	2,02



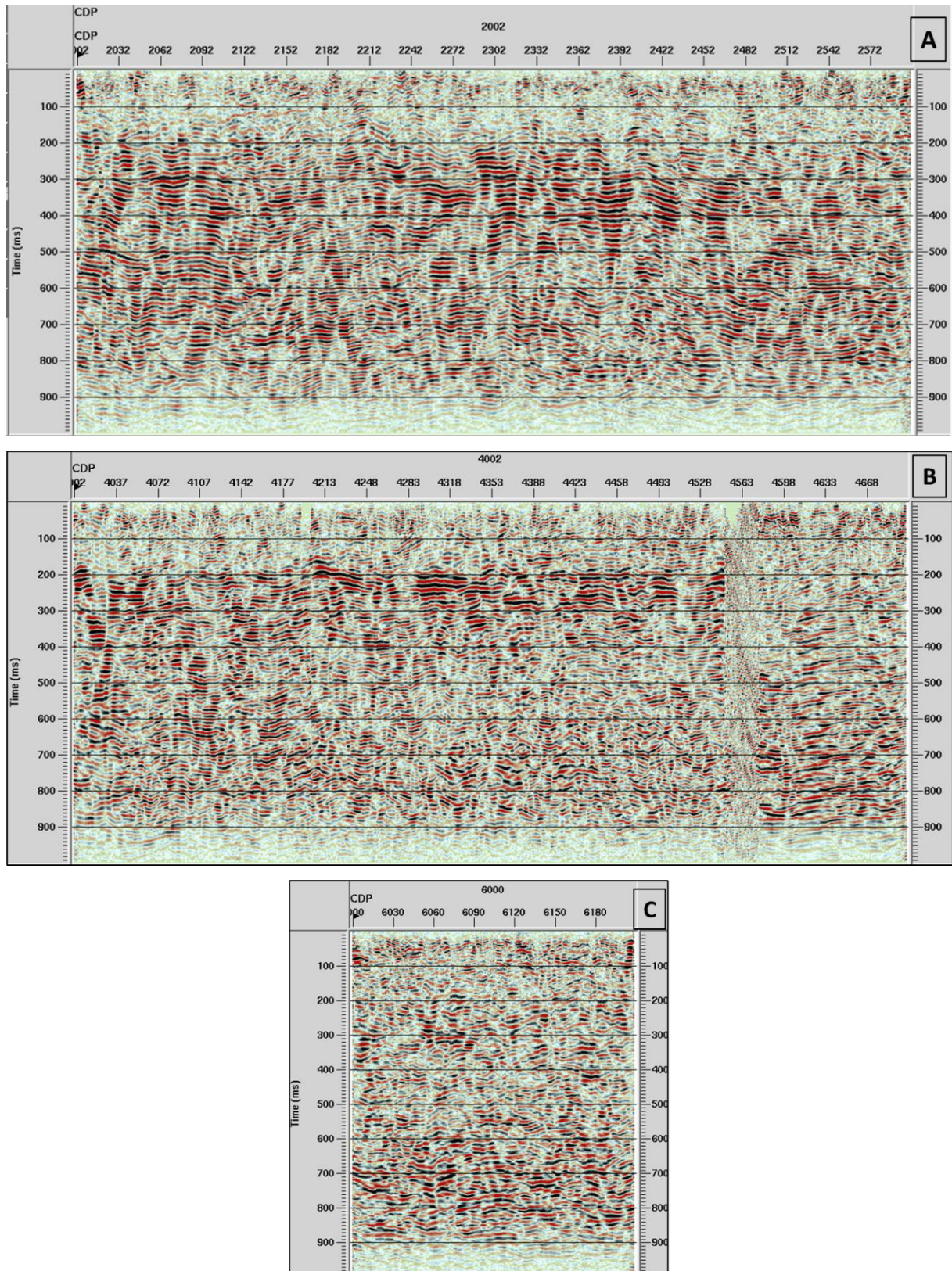
Gambar 8. Titik bor dari tim NEDO tahun 1997. Lingkaran dalam peta menunjukkan lokasi titik-titik bor (PSDMBP - NEDO, 2008)



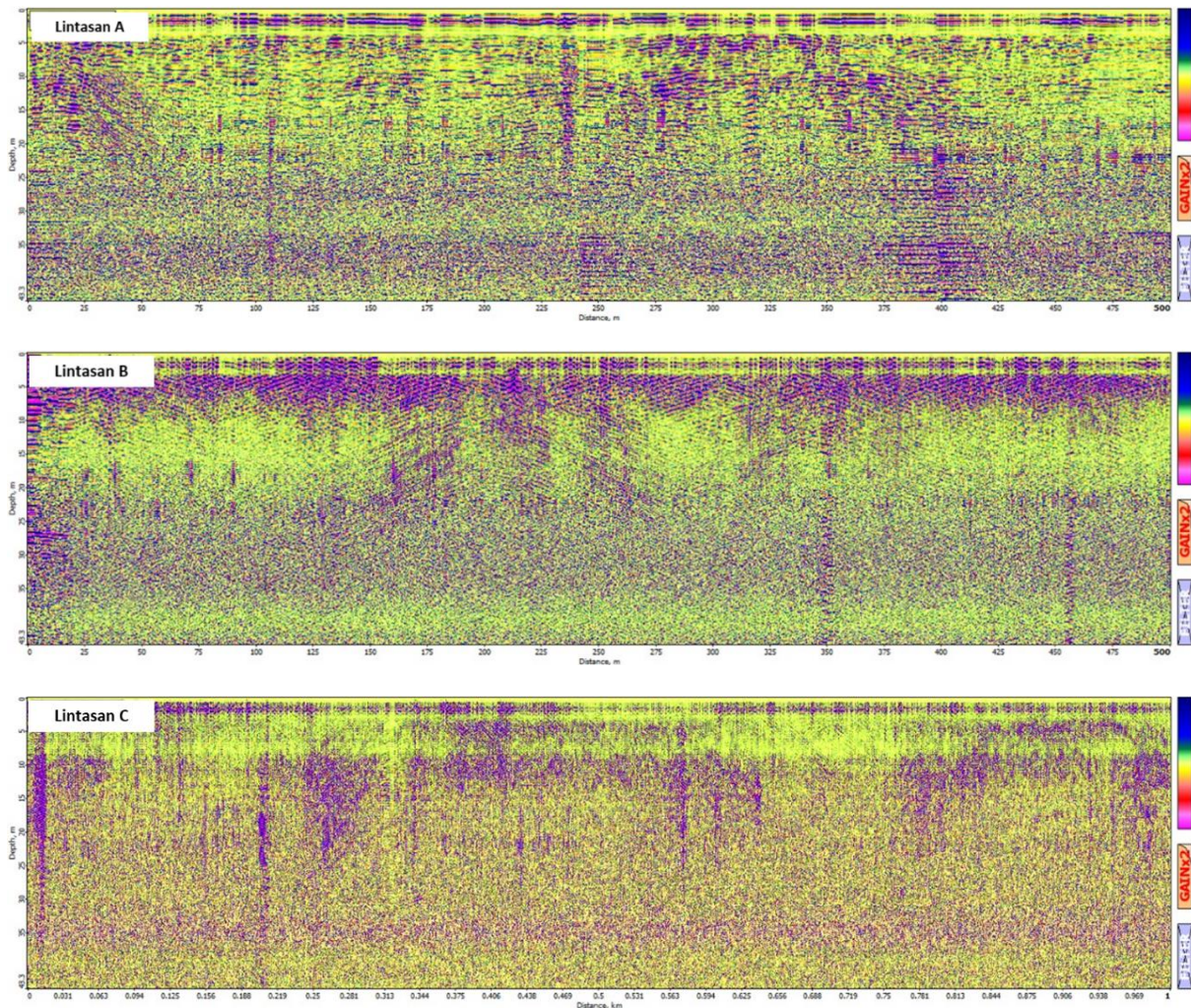
Gambar 9. Salah satu korelasi bor hasil pembooran NEDO tahun 1997 (PSDMBP - NEDO, 2008)



Gambar 10. Flow Chart Pengolahan Data Seismik Refleksi



Gambar 11. Hasil analisis seismik refleksi di daerah penyelidikan. (A) Lintasan 1; (B) Lintasan 2; dan (C) Lintasan 3



Gambar 12. Hasil pengukuran GPR pada Lintasan A, B dan C

Kualitas Endapan Batubara

Kualitas batubara dapat diketahui berdasarkan hasil pengamatan megaskopis, analisis petrografi organik dan analisis kimia.

Secara megaskopis, batubara pada Formasi Tanjung memiliki kualitas yang cukup baik. Hal ini terlihat dari *lithotype*-nya yang menunjukkan banyaknya pita-pita terang pada lapisan batubara. Pita-pita terang (*bright band*) menyebabkan batubara terlihat lebih mengkilap seperti kaca bila terkena cahaya. Makin banyak

pita terangnya maka batubara tersebut biasanya memiliki kualitas yang cukup baik. Berdasarkan hasil observasi di lapangan, batubara Formasi Tanjung termasuk ke dalam kelas *mainly bright*, dimana batubaranya didominasi oleh pita-pita terang. Selain memiliki kilap terang, batubara di daerah prospeksi juga memiliki berat yang cukup ringan, *fractured*, dengan cleat yang terlihat dengan jelas. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kemungkinan besar batubara

daerah prospeksi termasuk ke dalam batubara kualitas sedang hingga tinggi.

Untuk melihat kualitas batubara secara mikroskopis dan kimia, sebanyak 10 sampel dikirim dan dianalisis di laboratorium PSDMBP. Analisis kimia yang dilakukan adalah analisis proksimat, ultimat, *relative density*, HGI dan nilai kalori.

Hasil analisis petrografi (Tabel 2) menunjukkan bahwa batubara di daerah penyelidikan memiliki nilai rata-rata *random vitrinite reflectance* berkisar antara 0,45% hingga 0,50% dan termasuk ke dalam peringkat **subbituminous** (Kim, 2010; Mastalerz et al., 2010). Sementara nilai komposisi maseral didominasi oleh maseral dari group vitrinit dengan kandungan antara 53% – 81%. Group maseral Liptinit dan Inertinit memiliki kandungan yang relatif sama antara 5% hingga 12% (**Gambar 13**).

Hasil uji proksimat (**Tabel 3**) menunjukkan bahwa kadar air pada batubara di daerah penyelidikan berkisar antara 2,86% hingga 4,49% (adb). Sementara nilai kadar zat terbang (*volatile matter*) berkisar antara 38,21% hingga 46,92% (adb). Kadar abu berkisar antara 6,73% sampai hingga 25,20% (adb). Untuk kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*)

pada batubara di daerah penyelidikan, kisarannya antara 33,29% hingga 44,80% (adb).

Sementara untuk nilai kalorinya, batubara di daerah penyelidikan memiliki kisaran nilai kalori antara 5462 – 7193 kal/gr (adb) atau 7000 – 7480 cal/gr (daf). Hasil klasifikasi dari *American Society of Testing Materials* (ASTM) menunjukkan bahwa batubara di daerah prospeksi termasuk ke dalam kelas *high volatile B bituminous coal*.

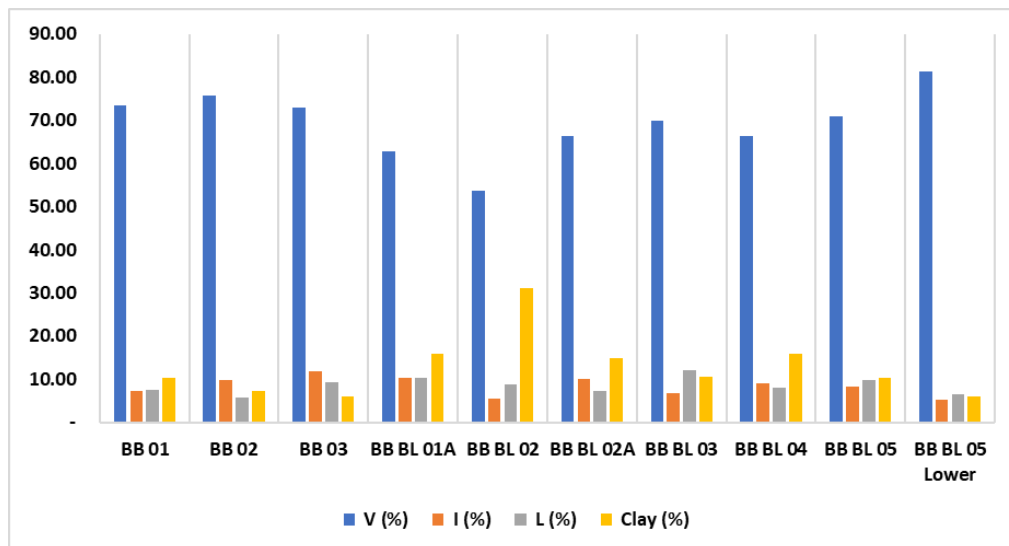
Hasil analisis *ultimate* menghasilkan kandungan unsur karbon (C), nitrogen (N), Hidrogen (H) dan Oksigen (O). Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kandungan karbon berkisar antara 76% - 80% (daf), nitrogen 1,6% - 1,8% (daf), hidrogen 6,0% 6,9% (daf) dan oksigen 10,6% - 14,5 (daf). Nilai oksigen, karbon dan hidrogen dapat dipakai untuk mengetahui peringkat dari batubara dengan melakukan perhitungan ratio antara oksigen dengan karbon (O/C) dan hydrogen dengan karbon (H/C). Hasil plotting dapat dilihat pada **Gambar 14**. Berdasarkan hasil *plotting* O/C terhadap H/C maka batubara di daerah penyelidikan termasuk ke dalam peringkat *subbituminous*.

Tabel 2. Hasil analisis petrografi batubara di daerah prospeksi

No.	NO ANALISIS	KODE CONTO	SUHU (°C)	KELEMBABAN (%)	LITOLOGI	MEAN REFLEKTAN VITRINIT (% Rv random)	KISARAN (%)	STANDARD DEVIASI	N	KOMP. MASERAL (%)			MATERIAL MINERAL (%)		
										V	I	L	Clay	OB	Py
1	20220201225	BB-01	22	68	BB	0,45	0,39 – 0,52	0,04	30	73,6	7,2	7,6	10,2	-	1,4
2	20220201226	BB-02	22	63	BB	0,48	0,42 – 0,54	0,03	30	75,8	9,8	5,8	7,4	0,4	0,8
3	20220201227	BB-03	23	66	BB	0,48	0,43 – 0,54	0,03	30	73,0	11,8	9,2	6,0	-	-
4	20220201228	BB BL-01A	23	66	BB	0,48	0,41 – 0,53	0,03	30	62,8	10,4	10,2	15,8	-	0,8
5	20220201229	BB BL-02A	22	64	BB	0,47	0,41 – 0,54	0,03	30	66,4	10,0	7,4	15,0	-	1,2
6	20220201230	BB BL-02	22	64	BB	0,48	0,42 – 0,55	0,04	30	53,8	5,6	8,8	31,0	-	0,8
7	20220201231	BB BL-03	24	63	BB	0,48	0,42 – 0,53	0,03	30	70,0	6,8	12,2	10,6	-	0,4
8	20220201232	BB BL-04	23	65	BB	0,48	0,41 – 0,54	0,04	30	66,4	9,0	8,0	16,0	-	0,6
9	20220201233	BB BL-05	23	65	BB	0,48	0,42 – 0,55	0,04	30	71,0	8,2	9,8	10,2	-	0,8
10	20220201234	BB BL-05 Lower	24	68	BB	0,50	0,45 – 0,57	0,03	30	81,4	5,2	6,6	6,0	-	0,6

KETERANGAN :

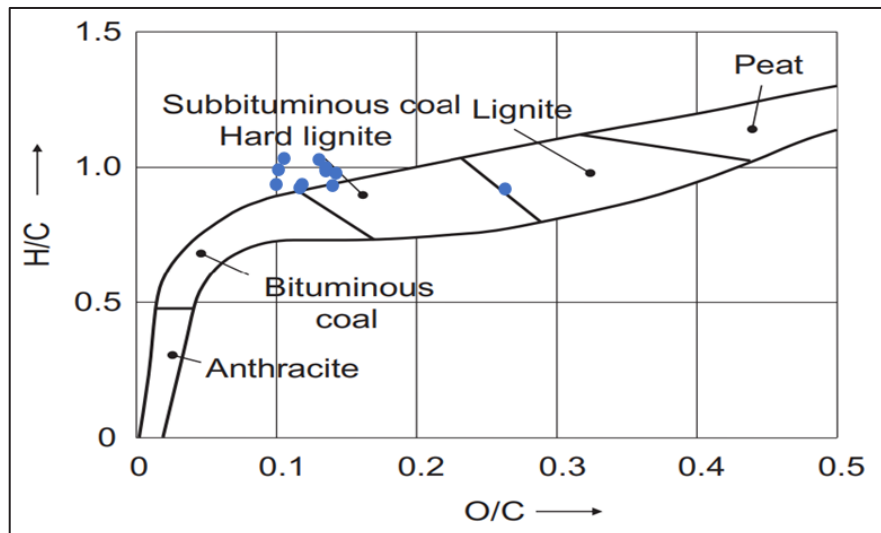
CS	=	Carbonaceous shale	V	=	Vitrinit	CLAY	=	Mineral lempung
SHC	=	Shaly coal	I	=	Inertinit	OB	=	Oksida besi
CSH	=	Coaly Shale	L	=	Liptinit	PY	=	Pirit
BB	=	Batubara	N	=	Jumlah pengukuran			



Gambar 13. Diagram batang dari kandungan maseral pada batubara di daerah prospeksi. V: Vitrinit; I: Inertinit; L: Liptinit.

Tabel 3. Hasil analisis proksimat, ultimat, *relative density*, HGI dan nilai kalori

Analisis			Satuan	Basis	Kode Conto									
					BB-01	BB-02	BB-03	BB BL-01A	BB BL-02A	BB BL-02	BB BL-03	BB BL-04	BB BL-05	BB BL-05 Lower
Kadar Air Bebas			%	ar	1.89	2.90	6.09	5.35	2.65	2.02	1.97	3.96	1.45	1.97
Kadar Air Total			%	ar	6.12	7.16	10.30	9.25	6.46	5.26	5.93	7.43	4.27	5.44
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	4.31	4.39	4.49	4.13	3.91	3.31	4.05	3.61	2.86	3.54	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	46.92	43.73	40.63	41.59	39.58	38.21	40.55	38.45	42.34	42.24	
	Kadar Abu	%	adb	6.73	7.10	10.55	11.70	19.63	25.20	19.68	20.16	19.03	9.47	
	Karbon Tertambat	%	adb	42.05	44.80	44.34	42.59	36.89	33.29	35.73	37.79	35.78	44.75	
Nilai Kalori			cal/gr	adb	7193	6965	6664	6650	5937	5462	5960	5801	6235	7060
Relative Density					1.28	1.31	1.35	1.35	1.42	1.46	1.41	1.43	1.38	1.32
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	80.38	79.18	79.27	80.64	77.50	77.65	77.42	76.82	79.83	77.37	
	Kadar Hidrogen	%	daf	6.72	6.27	6.18	6.38	6.46	6.73	6.53	6.35	6.97	6.08	
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.65	1.67	1.79	1.82	1.70	1.71	1.68	1.76	1.66	1.74	
	Kadar Oksigen	%	daf	10.80	12.42	12.33	10.66	13.89	13.46	13.92	14.56	11.16	14.40	
HGI					44	38	63	48	42	42	53	47	36	54



Gambar 14. Hasil plot antara O/C dengan H/C dari batubara di daerah prospeksi pada diagram van Krevellen (diadopsi dari Levine (1993))

Sumber Daya Batubara

Sumber daya batubara di daerah penyelidikan dihitung berdasarkan hasil korelasi baik ke arah jurus maupun kemiringan perlapisan. Ke arah jurus perlapisan digunakan data bor dan singkapan, sementara ke arah kemiringan digunakan data geofisika.

Berdasarkan SNI 5015:2019 tentang pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya, dan cadangan batubara, perhitungan sumberdaya yang dilakukan masuk ke dalam kategori **inventori** (BSN, 2019). Hubungan antara inventori, sumberdaya dan cadangan dapat dilihat pada **Gambar 15**. Data yang ada hanya berupa data singkapan dan data pemboran saja. Kategori inventori yang dipakai adalah inventori tereka untuk kondisi geologi sederhana dengan jarak titik pengamatan maksimal hingga 1500 m.

Untuk perhitungan sumberdaya batubara digunakan rumus:

$$\text{Sumber daya} = P \times L \times T \times BJ \text{ batubara}$$

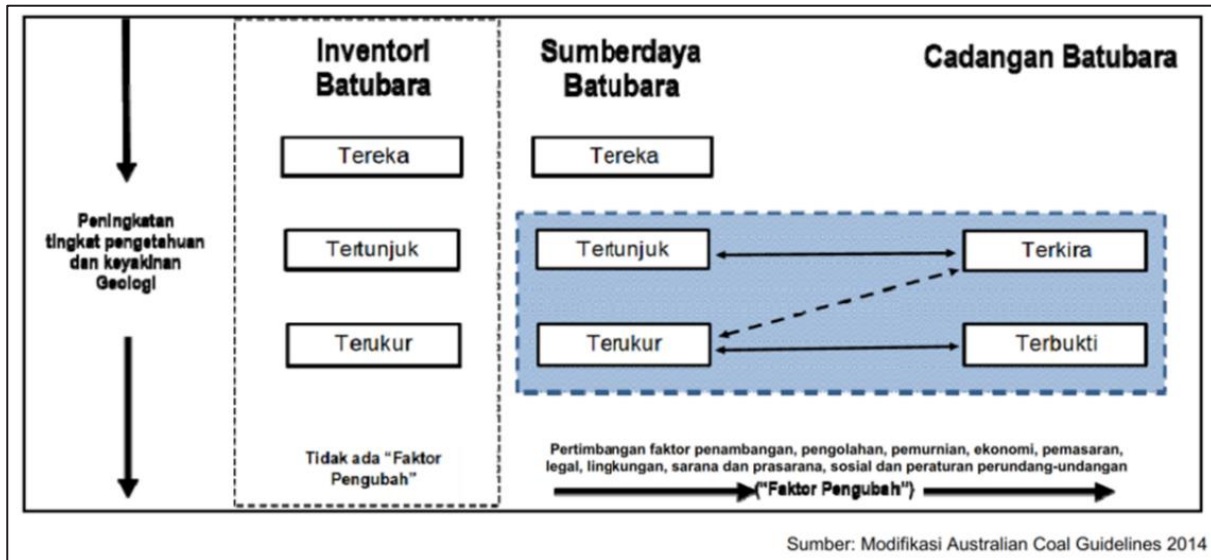
Dimana :

- P = Sebaran batubara ke arah *strike* (m)
- L = Sebaran batubara ke arah *dip* (m)
- T = Tebal batubara (m)
- BJ = Berat jenis batubara (ton/m³)

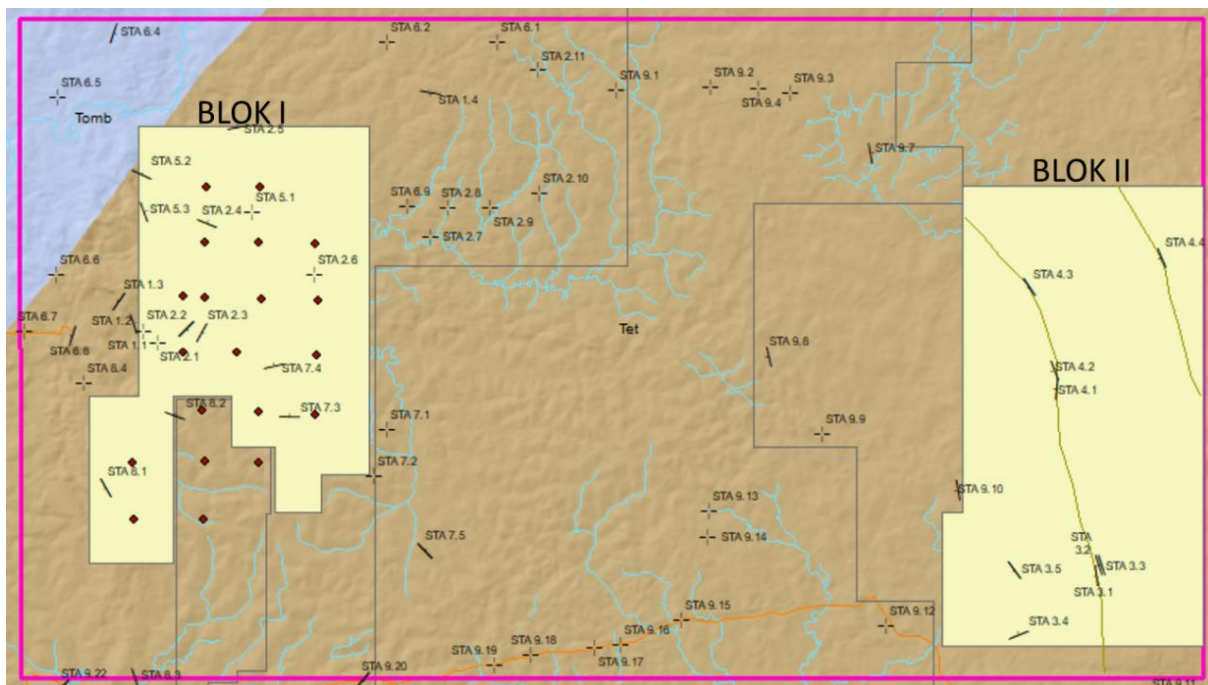
Perhitungan inventori tereka juga hanya dilakukan pada beberapa bagian dari daerah penyelidikan. Hal ini dikarenakan terbatasnya data yang ditemukan di daerah penyelidikan. Ketebalan batubara diambil rata-rata, sementara sebaran ke arah *strike* didasarkan pada korelasi singkapan dan bor, sedangkan perkiraan sebaran ke arah *dip* menggunakan data geofisika.

Perhitungan sumberdaya dibagi ke dalam dua Blok, yaitu Blok I yang berada di sebelah Barat dan Blok II yang berada di sebelah Timur (**Gambar 16**). Perhitungan dilakukan hingga kedalaman 100 m Hasil

perhitungan menunjukkan jumlah inventori tereka pada Blok I sebesar 18,2 juta ton dan Blok II sebesar 80,9 juta ton. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 15. Hubungan antara inventori, sumber daya dan cadangan (BSN, 2019)



Gambar 16. Blok perhitungan inventori tereka di daerah prospeksi

Tabel 4. Perhitungan inventori tereka batubara di daerah prospeksi

Blok	Seam	Volume (m3)	Density (ton/m3)	Invetori Tereka (Ton)	Total Inventori Tereka (Ton)
I	B	6.181.508	1,35	8.345.036	17.826.325
	C	1.918.208	1,42	2.723.855	
	D	3.211.649	1,46	4.689.008	
	E	1.466.969	1,41	2.068.426	
II	B	14.276.899	1,35	19.273.814	80.292.241
	C	4.597.578	1,42	6.528.561	
	D	26.224.906	1,46	38.288.363	
	E	11.490.428	1,41	16.201.503	

Potensi GMB Daerah Penyelidikan

Potensi GMB di daerah penyelidikan dilihat dari berbagai aspek, diantaranya adalah aspek peringkat batubara, kemenerusan dan kedalaman lapisan batubara, serta struktur geologi yang berkembang.

Pertama, dilihat dari peringkat batubaranya. Batubara di daerah prospeksi termasuk ke dalam Formasi Tanjung. Berdasarkan klasifikasi ASTM, memiliki peringkat *high volatile B bituminous coal*. Berdasarkan studi literatur, batubara dengan peringkat ini kemungkinan besar memiliki kandungan gas yang cukup baik (Moore, 2012). Dilihat dari ketebalan perlapisan, batubara daerah prospeksi juga memiliki kemungkinan cukup baik untuk dikembangkan. Hal ini dikarenakan batubara di daerah prospeksi ada yang memiliki ketebalan antara 1 hingga 3,5 meter dan memiliki seam yang lebih dari satu (*multi seams*).

Menurut Moore (2012), gas yang terdapat dalam pori batubara dapat merupakan hasil dari aktifitas

organisme/bakteri (*biogenic*) atau hasil dari proses pemanasan (*thermogenic*) selama proses pembatubaraan (*coalification*) berlangsung. Biasanya gas biogenic terbentuk pada saat awal pembentukan batubara, kemudian seiring dengan meningkatnya peringkat batubara sebagai hasil dari proses pembatubaraan (*coalification*), produksi gas biogenic menurun digantikan oleh gas thermogenic (Flores, 2014; Moore, 2012). Pada saat peringkat batubara mencapai tingkatan lignit hingga sub bituminous, pembentukan gas *biogenic* sedang berlangsung, sementara gas thermogenic belum terbentuk (**Gambar 17**). Pada pembentukan gas biogenik biasanya terdapat *microbial*/mikroba. Mikroba ini mengdegradasi kandungan organik dalam batubara oleh proses biogenik menjadi gas metana (Susilawati *et al.*, 2013). Kandungan gas yang dihasilkan biasanya lebih kecil bila dibandingkan dengan gas yang dihasilkan dari proses termogenik.

Kedua, dilihat dari kedalaman dan kemenerusan lapisan batubara.

Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan seismik refleksi, kemenerusan perlapisan batubara di daerah penyelidikan relatif baik. Ke arah jurus (*strike*) perlapisan batubara cukup konsisten penyebarannya. Hal ini ditunjukkan oleh hasil korelasi data pemboran NEDO. Sedangkan ke arah kemiringannya (*dip*), berdasarkan hasil pengukuran seismik, batubara di daerah penyelidikan menunjukkan struktur undulasi seperti antiklinorium (terdapatnya struktur sinklin dan antiklin secara berulang). Ini juga ditunjang oleh data singkapan hasil pemetaan geologi yang menunjukkan kemiringan perlapisan kurang dari 30°.

Ketiga, dilihat dari struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan. Hasil interpretasi seismik menunjukkan struktur geologi yang berkembang adalah antiklin dan sinklin. Tidak ditemukan adanya indikasi sesar atau patahan yang dapat mengakibatkan keluarnya gas ke atmosfer, dan hal ini menyebabkan gas pada lapisan batubara kemungkinan besar masih tidak terganggu.

Berdasarkan pertimbangan yang telah disebutkan sebelumnya, maka daerah penyelidikan mempunyai kemungkinan untuk dapat dikembangkan GMB nya. Kedalaman perlapisan batubara yang memungkinkan adalah pada kedalaman lebih dari 100 m. Hal ini dikarenakan perlapisan batubara pada kedalaman kurang dari 100 m kemungkinan besar gasnya sudah keluar

ke atmosfer sehingga tidak dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

Perhitungan *Gas-in-place*

Gas-in-place (GIP) adalah volume gas yang terdapat di dalam suatu reservoir batuan, baik itu batubara, serpih dan batuan lain (Moore, 2012). Untuk menghitung kandungan gas dalam batubara (*Gas-in place*, GIP), digunakan rumus sebagai berikut :

***Gas-in-place* (GIP) = sumber daya batubara x Gas (*in situ*) content (dimodifikasi dari Moore, 2012)**

Perhitungan GIP pada suatu lapisan batubara dilakukan dengan menggunakan angka sumber daya batubara dan kandungan gas *in-situ* yang biasanya didapat dari analisis *desorption* batubara. Akan tetapi apabila analisis *desorption* masih belum dilakukan, maka dapat juga menggunakan hasil analisis *adsorption isotherm*. Namun ada hal yang perlu diingat jika menggunakan nilai kandungan gas hasil dari analisis *adsorption isotherm*. Analisis *adsorption isotherm* digunakan untuk mengukur kemampuan batubara dalam menyimpan gas tertentu (Moore and Zarrouk, 2011), misalnya metana (*methane*). Analisis ini dilakukan dengan cara menginjeksikan gas *methane* ke dalam batubara tersebut pada tekanan dan suhu tertentu. Suhu yang dipilih biasanya merupakan perkiraan suhu

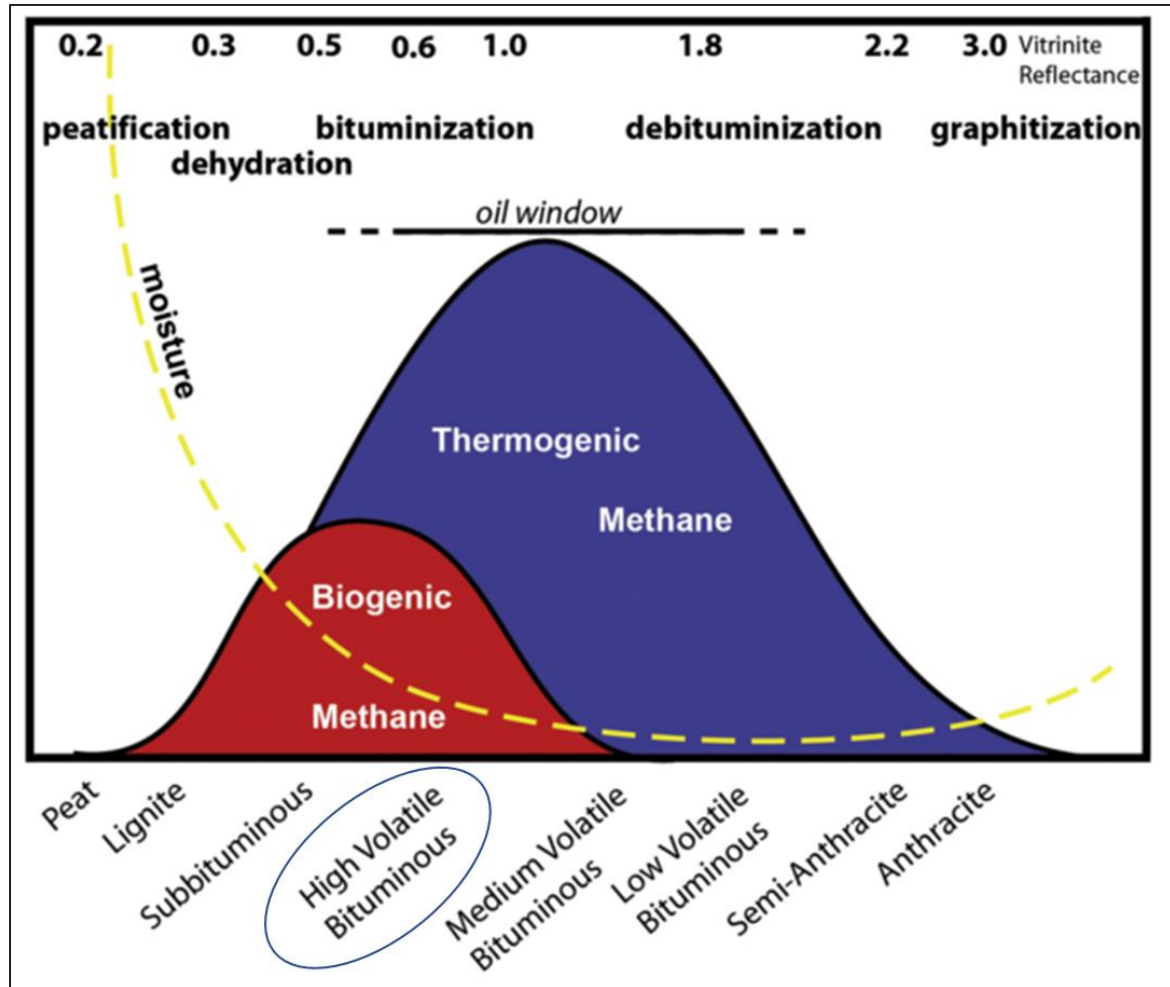
pada kedalaman batubara berada. Gas yang berhasil diinjeksikan ke dalam batubara kemudian diukur dan dihitung. Hasilnya menunjukkan perkiraan kemampuan batubara dalam menyimpan gas secara maksimal (*maximal gas holding capacity*), bukan kandungan gas sebenarnya. Kandungan gas dalam batubara nilainya bisa jauh lebih sedikit dari nilai gas yang diukur berdasarkan analisis *adsorption isotherm*. Hal ini bisa disebabkan oleh banyak hal, salah satu diantaranya tekanan gas yang dipakai pada analisis *adsorption isotherm*. Analisis *adsorption isotherm* menggunakan tekanan yang cukup tinggi. Ini membuat saturasi gas pada lapisan batubara mendekati sempurna karena pori yang ada dapat terisi gas sebagai akibat tekanan yang tinggi sehingga nilai kandungan gasnya besar. Sementara pada kenyataannya sebagian besar batubara memiliki saturasi gas sebesar 23% hingga 66% (Stricken and Flores, 2002 dalam Mares *et al.*, 2009).

Pengukuran kandungan gas sebenarnya akan lebih akurat apabila menggunakan analisis *desorption*. Dalam analisis ini, sampel inti batubara yang didapat dari hasil pengeboran dimasukkan ke dalam *canister* tertutup dan diukur gasnya pada periode waktu tertentu sampai gas tidak keluar lagi. Pengukuran ini lebih mendekati kandungan gas *real* bila dibandingkan dengan pengukuran *adsorption isotherm*. Namun untuk dapat

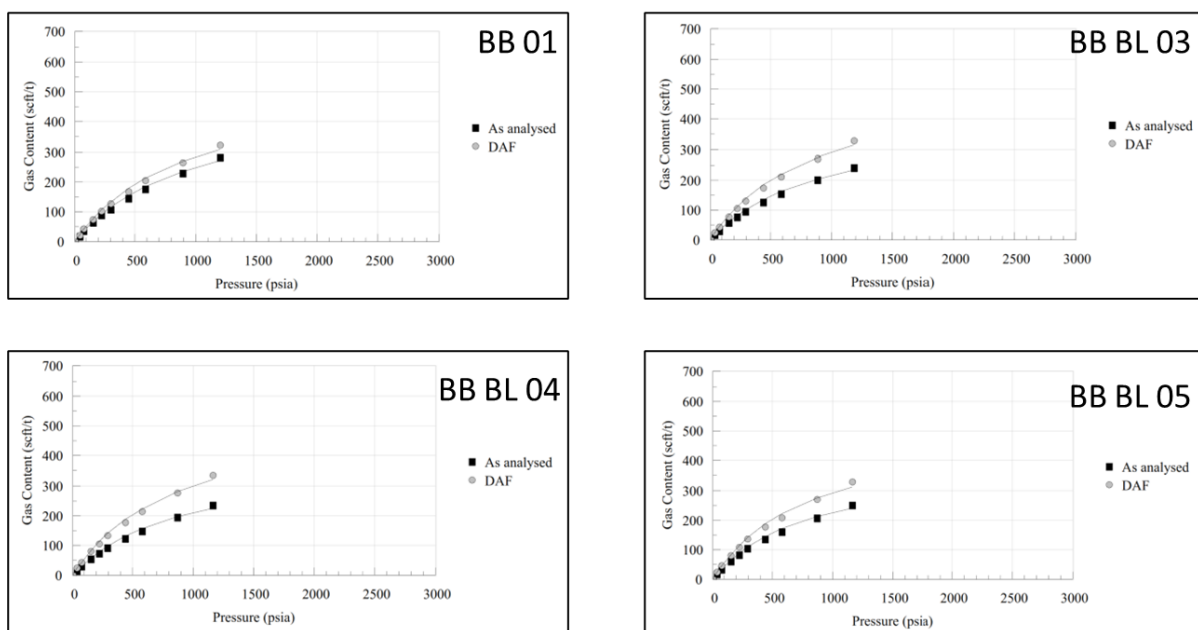
mengukur gas secara *desorption*, biayanya sangat mahal karena diperlukan uji pengeboran untuk mengambil conto batubara pada kedalaman yang diminati. Oleh sebab itu analisis *adsorption* biasanya dipergunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai kandungan gas di daerah penyelidikan dengan memperhatikan hal yang sudah dibahas di atas sebelumnya.

Untuk keperluan penghitungan GIP, empat sampel batubara dipilih untuk dilakukan analisis *adsorption isotherm*. Conto batubara yang dipilih diperkirakan berasal dari *seam* yang berbeda sehingga diharapkan dapat mewakili *seam* yang ada di daerah penyelidikan. Analisis dilakukan oleh laboratorium *Energy Resources Consulting Pty., Ltd.* di Australia. Hasil pengukuran *adsorption isotherm* dapat dilihat pada **Gambar 18**.

Kedalaman yang ideal untuk gas metana batubara atau *coalbed methane* (CBM) adalah > 100 m atau pada 300 m hingga 700 m. Namun untuk di daerah penyelidikan, diambil kedalaman batubara > 100 m. Apabila diasumsikan kedalaman muka air tanah adalah 20 m, maka tekanan pada kedalaman antara 100 hingga 400 m memiliki nilai antara 255 – 540 psi. Berdasarkan hasil analisis *adsorption isotherm*, nilai kandungan gas dalam lapisan batubara di daerah prospeksi pada tekanan tersebut berkisar antara 80 scf/ton – 150 scf/ton (*as analyzed*).



Gambar 17. Pembentukan gas methane dalam hubungannya dengan peringkat batubara (Moore, 2012)



Gambar 18. Grafik hasil pengukuran *adsorption isotherm* untuk batubara di daerah prospeksi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Batubara di daerah penyelidikan termasuk ke dalam Formasi Tanjung yang berumur Eosen Akhir.

Secara megaskopis, dilihat dari *lithotype*-nya, batubara dari Formasi Tanjung termasuk ke dalam batubara peringkat tinggi dengan kilap agak terang - terang, pecahan *blocky* dan *tough*.

Hasil analisis data singkapan dan pengeboran memperlihatkan bahwa batubara di daerah prospeksi kemungkinan memiliki 5 lapisan batubara yaitu Lapisan A, B, C, D dan E, dengan ketebalan berkisar antara 0,2 m hingga 3,5 m. *Seam* yang memiliki ketebalan di atas 1 m adalah *Seam* B, C, D dan E.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa nilai kalori batubara di daerah prospeksi memiliki kisaran antara 5462 – 7193 kal/gr (adb) atau 7000 – 7480 cal/gr (daf). Berdasarkan peringkat batubara ASTM maka batubara di daerah prospeksi termasuk ke dalam peringkat *high volatile B bituminous coal*.

Kegiatan pengukuran geofisika yang dilakukan di daerah prospeksi dibagi menjadi dua, yaitu pengukuran seismik dan pengukuran *Ground Penetrating Radar* (GPR). Lintasan seismik memiliki total panjang lintasan 7,5 km, sementara panjang lintasan GPR adalah 2 km. Arah lintasan seismik di daerah penyelidikan relatif Barat - Timur dan memotong arah jurus lapisan batubara.

Hasil dari interpretasi seismik menunjukkan bahwa perlapisan batuan di daerah penyelidikan memiliki perulangan sinklin dan antiklin (antiklinorium).

Hasil perhitungan sumberdaya menunjukkan bahwa potensi batubara di daerah penyelidikan termasuk ke dalam kategori inventori tereka dengan jumlah nilai inventori untuk Blok I sebesar 18,2 juta ton dan Blok II sebesar 80,9 juta ton.

Hasil analisis *adsorption isotherm* menunjukkan kemampuan menyimpan gas dalam batubara di daerah penyelidikan pada kedalaman 100 m hingga 400 m berkisar antara 80 scf/ton (ar) hingga 150 scf/ton (ar).

Saran

Formasi Tanjung dengan batubara yang termasuk ke dalam peringkat sedang hingga tinggi, sebetulnya memiliki potensi batubara yang cukup baik untuk dikembangkan gas metana batubara (GMB) nya. Hasil perhitungan *gas in place* dengan menggunakan data *adsorption isotherm* menunjukkan hasil kandungan gas yang cukup besar. Khusus di daerah prospeksi, perlu dilakukan penyelidikan GMB lebih lanjut dengan menggunakan metoda pengeboran dalam (*deep drilling*). Hal ini untuk mengecek kemungkinan adanya perlapisan batuan yang memiliki kedalaman lebih dari 300 m. Selain itu, dengan melakukan pengeboran dalam, maka analisis *desorption* pun dapat dilakukan sehingga kandungan gasnya

dapat diketahui dengan lebih pasti. Hasil pengukuran gas secara *desorption* dari pengeboran dalam dapat membuktikan kandungan gas dan membandingkannya dengan analisis isoterm. Hasil perbandingan ini akan dapat menunjukkan

tingkat saturasi gas dari lapisan batubara tersebut. Dengan demikian, potensi batubara dan gas metana batubara yang ada di daerah prospeksi dapat lebih diketahui dengan lebih pasti.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN, 2019. Pedoman pelaporan hasil eksplorasi , sumber daya , dan cadangan Batubara. Badan Standarisasi Nas.
- Flores, R.M., 2014. Coal and Coalbed Gas; Fueling The Future. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396972-9.01001-6>
- Hall, R., Nichols, G.J., 2002. Cenozoic sedimentation and tectonics in Borneo: climatic influences on orogenesis. Geol. Soc. London, Spec. Publ. 191, 5–22. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.191.01.02>
- Kim, A.G., 2010. Coal Formation and the Origin of Coal Fires, Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52858-2.00001-3>
- Levine, J.R., 1993. Coalification: The Evolution of Coal as Source Rock and Reservoir Rock for Oil and Gas. Hydrocarb. from Coal 38, 39–77.
- Mares, T.E., Moore, T.A., Moore, C.R., 2009. Uncertainty of gas saturation estimates in a subbituminous coal seam. Int. J. Coal Geol. 77, 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2008.07.002>
- Mastalerz, M., Drobniak, A., Hower, J.C., O'Keefe, J.M.K., 2010. Spontaneous Combustion and Coal Petrology, Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52858-2.00003-7>
- 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>
- Moore, T.A., Zarrouk, S.J., 2011. The origin and significance of gas saturation in coalbed methane plays: implications for Indonesia. Proc. Indones. Pet. Assoc. 35th Annu. Conv. <https://doi.org/10.29118/ipa.1079.11.g.195>
- PSDMBP - NEDO, 2008. Joint Study on Coal Resources and Reserves Evaluation System (CRRES) Batulicin Area. Bandung.
- Susilawati, R., Papendick, S.L., Gilcrease, P.C., Esterle, J.S., Golding, S.D., Mares, T.E., 2013. Preliminary investigation of biogenic gas production in Indonesian low rank coals and implications for a renewable energy source. J. Asian Earth Sci. 77, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.08.024>

EKSPLORASI PENDAHULUAN PENYELIDIKAN UMUM GAMBUT KABUPATEN MEMPAWAH, PROVINSI KALIMANTAN BARAT

**Feddi Ervianna¹, Sandi Rukhimat¹, Uju Darsita², Iudhi Oki Prahesthi²,
dan Tito Darmanto²**

¹Kelompok Kerja Batubara

²Kelompok Kerja Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Kegiatan Eksplorasi Pendahuluan Penyelidikan Umum Gambut dilakukan di wilayah administrasi Kabupaten Mempawah yang memiliki indikasi endapan gambut. Kegiatan ini dilaksanakan di 7 kecamatan yang berada di Kabupaten Mempawah, yaitu Kecamatan Sungai Kunyit, Kecamatan Mempawah Hilir, Kecamatan Mempawah Timur, Kecamatan Anjungan, Kecamatan Sungai Pinyuh, Kecamatan Segedong dan Kecamatan Siantan.

Secara geologi, daerah penyelidikan termasuk bagian dari paparan Sunda yang dikenal dengan Blok Schwaner, blok ini membentuk morfologi yang tinggi dan stabil sejak awal kapur. *Blok Schwaner* di Kalimantan Barat bagian selatan terdiri dari batuan beku Pra Tersier dan batuan malihan. Daerah ini relatif stabil dan merupakan sumber penting bagi sedimentasi klastik disebelah utara dan timur. Disamping itu juga merupakan daerah morfologi endapan kuartar dataran rendah.

Indikasi yang paling khas dari endapan gambut yang terbentuk tersebut dan terlihat pada saat ini diantaranya adalah terdapatnya suatu morfologi dataran rendah di bagian pesisir, endapan rawa pada peta geologi regional dan tanggul sungai yang mengontrol pembentukan endapan gambut yang diisi oleh sedimen yang sangat kaya organik. Endapan gambut di lokasi penyelidikan berada diantara tanggul Sungai Duri – Sungai Mempawah, tanggul Sungai Mempawah – Sungai Peniti. dan tanggul Sungai Peniti – Sungai Mandor.

Hasil pengamatan dari pengeboran yang berjumlah 63 titik diketahui bahwa ketebalan gambut bervariasi antara 5 cm hingga 800 cm. Berdasarkan hasil kegiatan, ditemukan 4 cekungan gambut di daerah penyelidikan yaitu Cekungan Gambut Durimah, Cekungan Gambut Masupin, Cekungan Gambut Supiniti, dan Cekungan Gambut Penidor.

Kualitas gambut menunjukkan nilai kalori antara 4.163 - 5.072 kal/gram (*adb*), kelembaban antara 86,69% - 91,66% (*adb*), kadar sulfur antara 0,19% - 1,50%, kadar abu antara 3,30% - 17,67%, dan nilai bulk density antara 0,10 - 0,15 ton/m³.

Luas sebaran gambut 738.683.255,98 m² atau 73.868,33 Hektar. dengan Sumber Daya Hipotetik gambut sebesar 223.439.055,52 ton gambut kering dengan kalori antara 4.163 - 5.072 kal/gr (adb).

Kata kunci: Gambut, Mempawah, Kalimantan Barat, Sumberdaya Gambut, Endapan Rawa

PENDAHULUAN

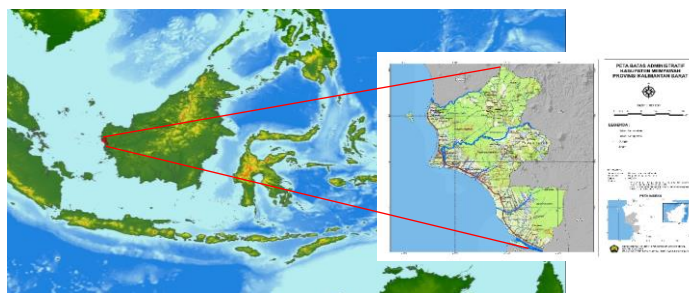
Lokasi penyelidikan di Kabupaten Mempawah difokuskan pada daerah yang memiliki indikasi endapan gambut, antara lain terdapat Endapan Rawa pada Peta Geologi Regional. Dilihat dari peta Kawasan Hidrologis Gambut (KHG) yang dipublikasikan oleh Badan Restorasi Gambut, pada Kabupaten Mempawah juga terdapat KHG diantaranya KHG Sungai Mempawah – Sungai Duri, dan KHG Sungai Mempawah – Sungai Peniti.

Pemilihan daerah pada Kabupaten Mempawah dalam rangka menunjang program pemerintah yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi untuk menginventarisasi wilayah potensi gambut di Kabupaten Mempawah sehingga dapat digunakan untuk kajian penelitian dan pemanfaatan selanjutnya

Maksud dilaksanakannya penyelidikan umum gambut adalah untuk

memetakan wilayah potensi endapan gambut di Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. Tujuan penyelidikan ini adalah untuk mengetahui sebaran, sumber daya dan kualitas endapan gambut di daerah tersebut. Informasi gambut dan daerah potensi kemudian di plot pada peta geologi dan sebaran endapan gambut dengan skala 1:100.000. Wilayah potensi yang ditemukan akan menjadi rekomendasi untuk peningkatan penyelidikan ke tahap selanjutnya.

Secara geografis daerah penyelidikan umum dibatasi oleh koordinat Provinsi Kalimantan Barat. Secara geografis daerah kegiatan dibatasi oleh koordinat 0° 44' 0" LU - 0° 0,4' 0" LS dan 108° 24' 0" BT - 109° 21,5' 0" BT. Secara administratif, daerah penyelidikan termasuk kedalam wilayah Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. (Gambar.1)



Gambar 1. Lokasi Penyelidikan Umum Gambut

METODOLOGI

Kegiatan eksplorasi pendahuluan penyelidikan umum gambut dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan yang terbagi menjadi beberapa tahapan kegiatan meliputi: studi literatur, penyelidikan lapangan, analisis laboratorium, dan pengolahan data.

Penyelidikan dimulai dari tahap pengumpulan data sekunder dan mempelajari studi pustaka mengenai daerah yang akan dituju, baik dari literatur maupun informasi lisan yang bersumber dari peneliti terdahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data primer melalui kegiatan lapangan berupa pemetaan geologi, lalu dilanjutkan dengan analisis sampel gambut di laboratorium, pengolahan data dan diakhiri dengan pembuatan laporan hasil penyelidikan.

Adapun analisis yang dilakukan terdiri dari analisis kimia gambut (Proksimat dan Ultimat), analisis abu dan analisis fisika (Petrografi organik). Kegiatan lapangan meliputi pemetaan geologi, pengeboran gambut, deskripsi dan pengambilan sampel gambut. Pemetaan geologi dilakukan untuk menentukan batas-batas penyebaran endapan gambut dan kontak endapan gambut dengan litologi lainnya sekaligus melokalisir sebaran gambut. Pengeboran gambut dilakukan dengan menggunakan alat bor khusus gambut jenis *Fikelkarp auger*. Penentuan lokasi titik bor

ditentukan secara acak dan diusahakan memotong pusat cekungan yang telah diprediksi sebelumnya berdasarkan peta topografi dan peta geologi. Deskripsi dilakukan pada gambut yang ditemukan di lapangan secara megaskopis dari *cutting* hasil pengeboran gambut. Deskripsi gambut diatas berdasarkan referensi *American Standart Testing Material* (ASTM, 2002) dan Van Pos meliputi kandungan Serat (ASTM D4427-92), kandungan abu (ASTM D2974), tingkat keasaman (ASTM D2976), tingkat pembusukan (ASTM D5715-00 dari Van Pos). Pengambilan sampel gambut digunakan untuk analisis laboratorium. Sampel untuk analisis laboratorium merupakan sampel komposit yang diperoleh dari pengeboran gambut dan diambil secara selektif agar semua jenis gambut dapat terwakili.

GEOLOGI REGIONAL

Daerah penyelidikan 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 dkk., 1978).

Blok Schwaner di Kalimantan Barat bagian selatan terdiri dari batuan beku Pra Tersier dan batuan malihan. Daerah ini relatif stabil selama Tersier dan merupakan sumber penting bagi sedimentasi klastik disebelah utara dan timur.

Pada zaman Paleogen di bagian utara blok ini terdapat bagian yang menurun membentuk Cekungan Melawi-Ketungau yang kemudian diisi oleh endapan sedimen pada zaman Tersier. Di bagian timur blok ini, bagian yang menurun diisi oleh endapan tipis yang tidak terlipatkan pada zaman Tersier, termasuk batugamping Formasi Berau yang disebut Dataran Barito. Pinggiran blok sebelah timur ditandai oleh kehadiran Batuan Tersier yang tidak terlipatkan, Dataran Barito dan pinggiran Utara *Blok Schwaner* terletak antara batuan Tersier yang sedikit terlipatkan di daerah Melawi-Ketungau dengan batuan yang terangkat dan terlipat kuat di cekungan barat laut Kalimantan.

Secara umum daerah kegiatan penyelidikan umum gambut terletak di Paparan Sunda bagian barat laut dimana sebagian besar merupakan daerah morfologi endapan kuartir dataran rendah dengan ketinggian antara 0 – 40 m diatas permukaan laut.

Urutan stratigrafi secara regional menurut N. Suwarna dan R.P. Langford (1993), menyebutkan bahwa batuan termuda di daerah ini adalah alluvium.

Endapan gambut berada diatas Formasi Hamisan (Toh) yaitu formasi yang tersusun oleh arenit kuarsa, arenit litik, konglomerat polimik dengan fragmen berupa kuarsa, granit serta serpih yang berumur Oligosen.

Menurut Anderson (1964), di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat endapan gambut yang tersebar luas ini terbentuk pada zaman Holosen, yakni setelah morfologi Pulau Kalimantan secara umum terbentuk dan endapan gambut yang terbentuk ini menempati zona depresi peralik pantai.

Sebagaimana umumnya endapan berumur Kuartir, hampir tidak ada pengaruh struktur geologi di daerah tersebut.

Pembentukan endapan gambut di Asia Tenggara pada umumnya terbentuk pada akhir zaman es (pada akhir Plistosen – Awal Holosen) dimana zaman es mulai mencair dan mengakibatkan muka air laut naik (transgresi) secara perlahan dan berlangsung hingga saat ini. Peningkatan air laut dibarengi dengan peningkatan suhu dan curah hujan yang mengakibatkan batuan di sepanjang perbukitan Schwaner mengalami pelapukan kimia sehingga menghasilkan endapan lempung halus di sepanjang garis pantai di Selatan Kalimantan yang selanjutnya terbentuklah tanggul-tanggul sungai, meander, dan rawa-rawa yang segera ditumbuhi oleh tanaman rawa seperti bakau, nipah dan tumbuhan hutan

rawa. Tumbuhan yang telah mati, roboh dan sebagian besar terawetkan dalam rawa-rawa yang jenuh air dan rendah oksigen. Selanjutnya dengan bantuan bakteri aerobik dan anaerobik tumbuhan tersebut terurai menjadi sisa tumbuhan yang lebih stabil dan selanjutnya terproses menjadi endapan organik yang lebih dikenal dengan endapan gambut. (J.A. Eko Tjahjono, 2006).

Endapan gambut di lokasi penyelidikan merupakan endapan gambut jenis tropis ombrogen yang memiliki umur lebih tua dan terletak pada elevasi yang sedikit lebih tinggi dan lebih dalam dari endapan gambut yang berada di sepanjang pantai (Sieffermann, dkk. 1988 dalam Brady, M. A. 1997). Lahan gambut tropis ombrogen dicirikan oleh permukaan lahan yang sangat cembung, tadah hujan, dengan permukaan air yang lebih tinggi (relatif terhadap elevasi muka air di topografi lokal yang mengelilingi endapan gambut); tidak terkena banjir dari sumber air yang berdekatan seperti sungai atau genangan air pasang, tidak mengandung aliran dan sungai yang mengalir dari satu sisi endapan ke sisi lainnya, memiliki pH tanah kurang dari 4; dan mengalami kehilangan pengapian lebih dari 75% (Anderson 1964b, Andriesse 1974, 1988 dalam Brady, M. A. 1997).

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 2.4).

Khusus untuk lahan gambut di Indonesia dimana merupakan daerah tropis maka gambut yang terbentuk oleh vegetasi yang menyusun hutan hujan tropis tersebut dengan ciri-ciri vegetasi berukuran besar, struktur tumbuhan yang kokoh atau berkayu (Rieley dkk., 1996; Page dkk., 1999, 2006; dalam Osaki dan Tsuji, 2016).

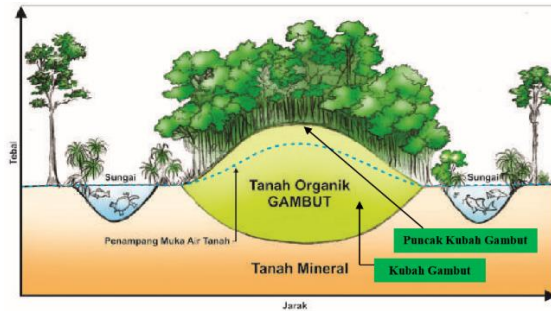
Secara alami tumbuhan yang mati tertimbun dibawah permukaan, sebagian tidak sempat teroksidasi. Secara bertahap sisa tumbuhan yang mati tertimbun dalam keadaan jenuh air, sebagian besar terurai oleh mikroba *aerob* dan *anaerob* menjadi gambut.

Gambut *topogenous* terbentuk diatas endapan dataran pantai yang berbutir halus. Dengan tertimbunnya tumbuhan yang mati secara terus menerus, tumbuhan yang hidup diatasnya tidak dapat mencapai tanah yang kaya akan sari makanan dan mineral

dibawahnya. Makin keatas dari endapan gambut *topogenous* tersebut terbentuk endapan gambut *ombrogenous*.

Indikasi yang paling khas dari endapan gambut yang terbentuk tersebut dan terlihat pada saat ini diantaranya adalah terdapatnya suatu morfologi dataran rendah dan biasanya berawa pada suatu cekungan yang diisi oleh sedimen yang sangat kaya organik. Cekungan yang terbentuk tersebut biasanya dibatasi oleh dua tanggul sungai, seringkali aliran sungai yang dilalui oleh endapan gambut airnya berwarna hitam karena terkontaminasi oleh endapan gambut tersebut.

Mengacu pada informasi diatas, endapan gambut di lokasi penyelidikan berada diantara tanggul S. Duri, tanggul S. Mempawah, tanggul S. Peniti Besar dan tanggul S. Mandor. (Gambar 2.).

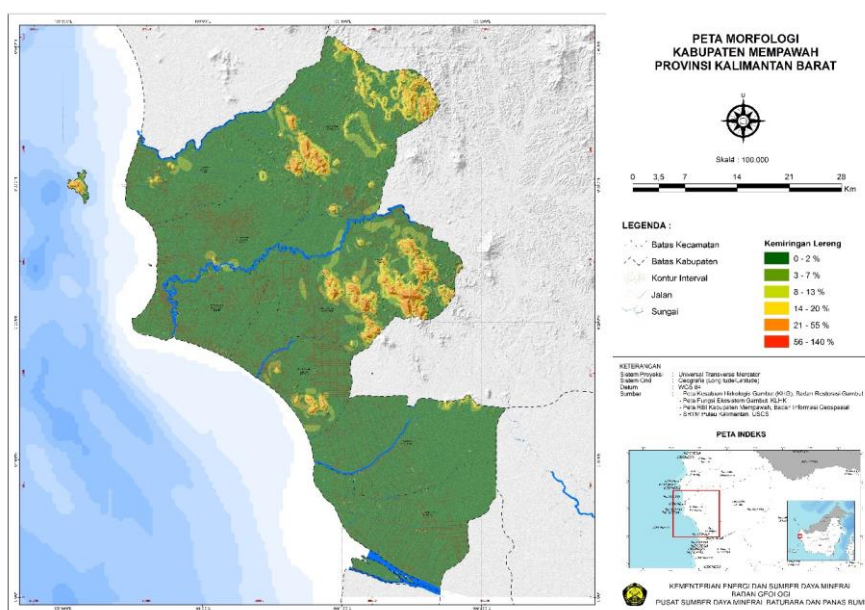


Gambar 2. Lahan gambut dengan puncak kubahnya di bagian tengah. (Murdiyarso dan Suryadiputra, 2003)

HASIL ANALISIS

Morfologi

Daerah penyelidikan sebagian besar merupakan daerah pesisir yang berada di bagian utara dari Ibukota Provinsi Kalimantan Barat yaitu Kota Pontianak. Daerah penyelidikan pada umumnya merupakan daerah pedataran rendah dengan tanpa adanya perbedaan elevasi yang signifikan. Ketinggian maksimum daerah gambut adalah ± 40 m.dpl. (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Morfologi daerah Penyelidikan

Morfologi daerah penyelidikan dikelompokkan dalam 2 (dua) satuan morfologi, yaitu :

1. Satuan morfologi datar atau hampir datar. Morfologi ini mempunyai beda tinggi antara 0 sampai 5 m dari permukaan laut dengan sudut lereng berkisar antara 0 – 2%. Daerah ini menempati sekitar 35% dari luas daerah penyelidikan. Satuan pada daerah ini sebagian besar berupa rawa-rawa dan banyak dijumpai tanaman hasil budidaya mangrove dan tanaman kelapa. Selain itu daerah ini juga dipengaruhi oleh pasang surut air sungai dan air laut.
2. Satuan morfologi bergelombang / miring landai. Satuan morfologi ini mempunyai beda tinggi antara 5 - 50 m dari permukaan laut dengan sudut lereng berkisar antara 3 – 7% dan menempati sekitar 65% dari luas daerah penyelidikan. Lereng di lokasi ini relatif mendekati horisontal hingga landai dan hampir datar. Di daerah ini banyak ditemukan endapan tanah gambut. Selain itu sebagian besar wilayah ini ditempati oleh warga masyarakat sebagai tempat tinggal/permukiman, tempat usaha dan perkebunan baik milik warga maupun perusahaan swasta. Namun semakin ke arah timur laut, lereng semakin curam karena dijumpai gugusan perbukitan rendah dengan beda tinggi 50 – 200 meter.

Sungai/kanal yang berada di satuan ini tidak dipengaruhi oleh proses pasang surut air sungai/kanal.

Endapan gambut Daerah Penyelidikan

Secara umum kenampakan gambut di daerah penyelidikan berwarna coklat-coklat kehitaman. Beberapa parameter deskripsi gambut yang dapat diamati secara megaskopis diantaranya adalah kandungan air, fragmen serat tumbuhan (kayu, akar, daun), keasaman, derajat pembusukan dan material lainnya seperti sisipan (*parting*) yang terdapat dalam gambut. Berdasarkan parameter tersebut diatas, gambut di daerah penyelidikan memiliki :

- Kandungan air

Kandungan air pada gambut di daerah penyelidikan umumnya diatas 60% yaitu berkisar antara 77,03 – 94,44%.

- Fragmen serat

Kandungan serat (kayu, akar dan daun) pada umumnya masih cukup tinggi yaitu antara 40% - > 75%. Hal ini menunjukkan bahwa gambut di daerah penyelidikan memiliki derajat tingkat pembusukan yang cukup rendah. Pada umumnya kandungan serat yang belum mengalami pembusukan dijumpai pada kedalaman sekitar 0 – 3 meter dari permukaan tanah.

- Derajat Pembusukan

Derajat pembusukan dilakukan pemerian berdasarkan skala yang

dipakai oleh Von Pos. Derajat pembusukan dibagi menjadi 10 tingkat dimulai dari yang tidak terurai (*undecomposed*, H1) sampai dengan terurai sempurna (H10). Gambut di daerah penyelidikan memiliki derajat pembusukan berkisar antara H1 – H7. Gambut yang terdapat didekat permukaan mempunyai derajat pembusukan yang rendah (H1 – H3), sedangkan gambut yang dekat dengan dasarnya mempunyai derajat pembusukan tinggi (H5 – H7).

- Material lain

Material lain yang terkandung dalam gambut biasanya berupa zat anorganik yang mengendap bersama gambut, seperti lempung, lanau dan pasir. Di daerah penyelidikan material lain yang bercampur dengan gambut berupa lempung dan lanau.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui kualitas gambut adalah analisis kimia. Beberapa parameter yang berperan dalam menentukan kualitas gambut sebagai bahan bakar adalah Nilai Kalori, Kandungan Air, Karbon Tertambat, Zat Terbang, Kandungan Abu, *Bulk Density* dan Kandungan Belerang.

Analisis laboratorium dilakukan terhadap 20 (dua puluh) sampel gambut yang berasal dari titik bor gambut dan mewakili seluruh cekungan yang

ditemukan di lapangan. Nilai kisaran dan rata – rata dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil analisis kimia gambut

PARAMETER	UNIT	BASIS	KISARAN	RATA-RATA
Lembab Nisbi	%	ar	76,70 - 93,90	88,23
Lembab Jumlah	%	ar	77,03 - 94,44	88,64
PROXIMATE				
Kadar Air	%	adb	1,04 - 9,45	4,02
Kadar Zat Terbang	%	adb	34,53 - 64,89	56,32
Kadar Abu	%	adb	0,55 - 47,31	9,06
Karbon Tertambat	%	adb	16,74 - 36,21	30,61
Nilai Kalori	cal/gr	adb	2.334 - 5.270	4.666
Total Sulfur	%	adb	0,14 - 4,68	0,93
<i>Bulk Density</i>	gr/cm ³		0,06 - 0,26	0,12
ULTIMATE				
Kadar Carbon	%	daf	47,40 - 63,41	58,49
Kadar Hidrogen	%	daf	4,65 - 6,16	5,55
Kadar Nitrogen	%	daf	0,40 - 1,66	0,95
Kadar Oksigen	%	daf	29,76 - 38,06	33,69
Total Sulfur	%	daf	0,15 - 8,23	1,33
pH			3,00 - 5,00	3,60

Tabel 2. Hasil analisis petrografi gambut

PARAMETER	UNIT	KISARAN	RATA - RATA
Reflektan Vitrinit	%	0,15 - 0,32	0,19
KOMPOSISI MASERAL			
<i>Vitrinit</i>	%	35 - 66,6	54,84
<i>Inertinit</i>	%	0,4 - 19,6	9,77
<i>Liptinit</i>	%	0,2 - 4,2	1,67
MATERIAL MINERAL			
Lempung (<i>Clay</i>)	%	7,4 - 54,0	21,21
Oksida Besi	%	0	0
Pirit (<i>Pyrite</i>)	%	0,2 - 5,2	1,80

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kegiatan, diperoleh data titik pengamatan sejumlah 63 titik pengeboran gambut dan tersebar di 4 (empat) cekungan dimana cekungan tersebut dibatasi oleh 2 (dua) tanggul sungai. (Gambar 4)



Gambar 4. Kenampakan gambut dari titik pengamatan MH_01.

Nama cekungan juga diambil dari gabungan nama sungai pengapit dimana endapan gambut tersebut terbentuk.

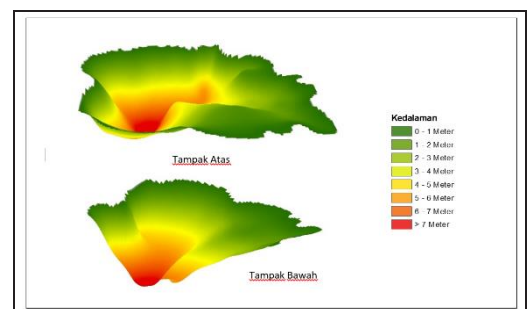
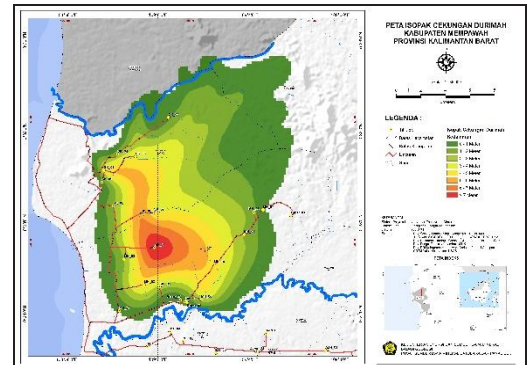
1. Cekungan Gambut Durimah

Cekungan Gambut Durimah berada di 2 Kecamatan yaitu Kecamatan Sungai Kunyit dan Kecamatan Mempawah Hilir yang dibatasi oleh tanggul Sungai Duri dan tanggul Sungai Mempawah. Hasil penyelidikan didapatkan 22 titik pengamatan bor gambut dengan notasi SK_01 – SK_08, MH_01 – MH_11, Btpsr_01 – Btpsr_03. (Gambar 5)

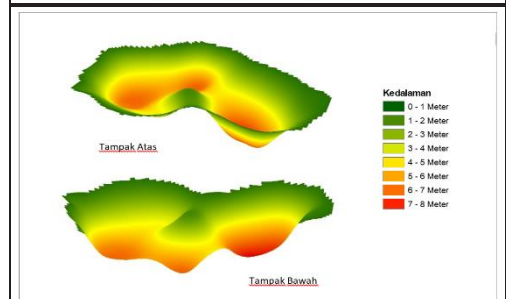
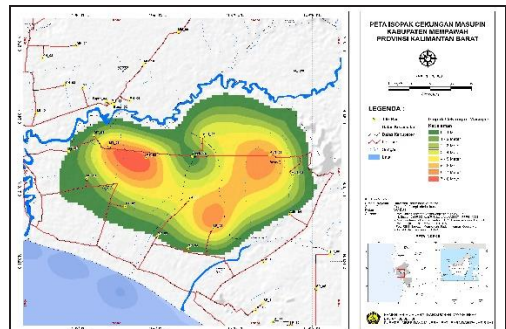
2. Cekungan Gambut Masupin

Cekungan Gambut Masupin berada di 3 kecamatan yaitu Kecamatan Mempawah Timur, Kecamatan Anjungan dan Kecamatan Sungai Pinyuh yang dibatasi oleh tanggul Sungai Mempawah dan tanggul Sungai Pinyuh. Hasil penyelidikan didapatkan 15 titik pengamatan berupa bor gambut dengan notasi MT_1 – MT_06, AJN_01 – AJN_04,

SP_01 – SP_04, dan Btpsr_04. (Gambar 6)



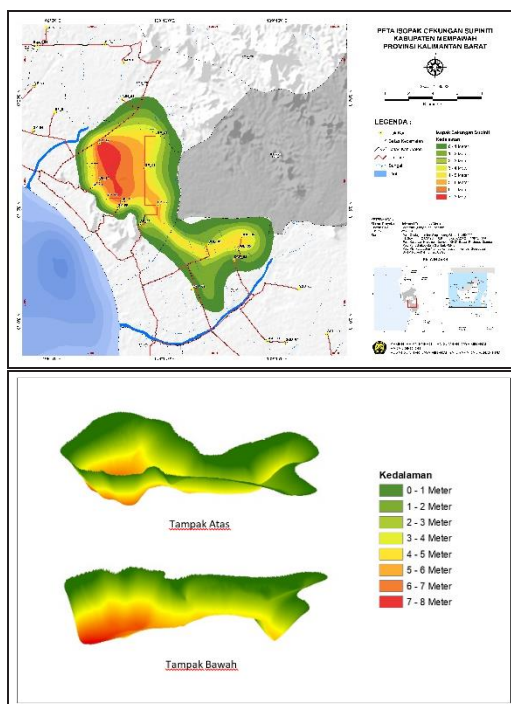
Gambar 5. Peta *Isopach* Cekungan Gambut Durimah dan ilustrasi dalam 3 dimensi



Gambar 6. Peta *Isopach* Cekungan Gambut Masupin dan ilustrasi dalam 3 dimensi

3. Cekungan Gambut Supiniti

Cekungan Gambut Supiniti berada di Kecamatan Sungai Pinyuh dan Kecamatan Segedong yang dibatasi oleh tanggul Sungai Pinyuh dan tanggul Sungai Peniti. Hasil penyelidikan didapatkan 15 titik pengamatan berupa bor gambut dengan notasi SP_05 – SP_14 dan SGD_01 – SGD_05. (Gambar 7)

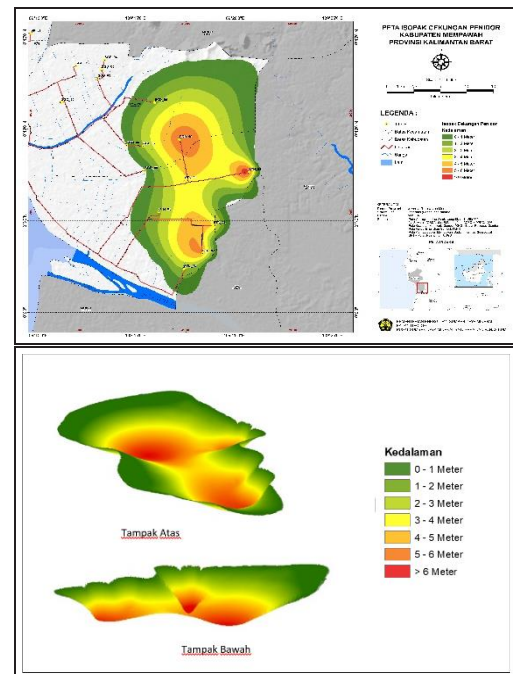


Gambar 7. Peta *Isopach* Cekungan Gambut Supiniti dan ilustrasi dalam 3 dimensi

4. Cekungan Gambut Penidor

Cekungan Gambut Penidor berada 2 Kecamatan yaitu di Kecamatan Segedong dan Kecamatan Siantan/Jungkat. Cekungan ini dibatasi oleh tanggul Sungai Peniti dan tanggul Sungai Mandor. Hasil penyelidikan didapatkan 11 titik

pengamatan berupa bor gambut dengan notasi SGD_06 – SGD_10 dan STN_01 – STN_06. (Gambar 7)



Gambar 8. Peta *Isopach* Cekungan Gambut Penidor dan ilustrasi dalam 3 dimensi

Sumber daya gambut dihitung dengan menggunakan metode perkalian antara luas sebaran gambut dengan ketebalan rata-rata setiap cekungan dan dibantu dengan aplikasi perangkat lunak.

Untuk mengetahui sumber daya gambut kering (dalam ton) diperoleh dari perkalian volume gambut dengan Bulk Density. Nilai rata-rata Bulk Density hasil analisis laboratorium adalah sebesar 0,12 ton/m³. Hasil perhitungan sumber daya untuk kegiatan penyelidikan umum termasuk dalam klasifikasi sumber daya hipotetik. Hasil perhitungan sumber daya gambut Kabupaten Mempawah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Sumber daya gambut Kabupaten Mempawah

No.	Cekungan	Luas Area 2D (m ²)	Luas Area 3D (m ²)	Volume (m ³)	Bulk Density (gr/cm ³)	Volume (Ton)
1	Cekungan Durimah	255.639.777,07	255.639.964,60	582.650.095,31	0,11	64.091.510,48
2	Cekungan Masupin	150.759.967,89	150.760.242,03	471.074.285,01	0,13	61.239.657,05
3	Cekungan Supiniti	115.234.341,79	115.234.729,00	322.948.961,59	0,15	48.442.344,24
4	Cekungan Penidor	217.049.169,22	217.049.351,32	496.655.437,49	0,10	49.665.543,75
	TOTAL	738.683.255,98	738.684.286,95	1.873.328.779,40		223.439.055,52

Berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan, keberadaan sebaran gambut cukup luas, ketebalan lapisan gambut cukup tebal, yaitu >0,5 m di bagian dekat tanggul sungai atau tepi dalam pesisir laut dan menebal ke arah pusat cekungan mencapai >8 meter, maka secara kuantitatif gambut di daerah penyelidikan sangat menarik baik untuk dilanjutkan pada tahap eksplorasi selanjutnya.

Lahan gambut dengan ketebalan diatas 3 meter dapat digunakan sebagai bahan bakar tenaga uap dan diharapkan dapat dimanfaatkan untuk dijadikan pembangkit listrik lokal.

Eksplorasi gambut untuk bahan bakar, dilakukan dengan cara pengeringan lahan gambut (*dewatering*) dengan membuat saluran-saluran atau kanal-kanal diharapkan terjadi penurunan muka air tanah gambut dan kemudian pengeringan oleh sinar matahari. Selanjutnya dilakukan penambangan dan diolah menjadi bentuk bongkah-bongkah yang disebut sebagai *Sod Peat* atau berbentuk serbuk yang disebut *Milled Peat*.

Jika diasumsikan 25% dari total volume gambut di Kabupaten Mempawah sebesar 55.859.763,88 ton yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku Pembangkit Tenaga Listrik, dengan 1 KWh = 860 KKal, efisiensi termal sebesar 35%, maka untuk PLTU 100 MW di Kabupaten Mempawah dapat memenuhi kebutuhan selama 33,40 tahun (Subarnas dan Dwitama, 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penyelidikan dapat disimpulkan bahwa :

1. Daerah penyelidikan sebagian besar merupakan daerah pesisir hingga daratan dengan tanpa adanya perbedaan elevasi yang signifikan. Ketinggian maksimum daerah gambut adalah ± 40 m.dpl.
2. Endapan gambut terletak diatas batupasir Formasi Hamisan (Toh) berumur Oligosen Bawah.
3. Terdapat 4 (empat) cekungan gambut di Kabupaten Mempawah, yaitu Cekungan Durimah, Cekungan

Masupin, Cekungan Supiniti dan Cekungan Penidor.

4. Gambut di lokasi penyelidikan termasuk kedalam kategori gambut sangat dalam (lebih dari 300 cm) dan relatif tebal, dimana lahan gambut tersebut memiliki ketebalan berkisar antara 0,5 – 8 meter. Hal ini terjadi karena proses akumulasi endapan gambut cukup ideal, karena daerah tempat terbentuknya endapan gambut tidak semuanya terganggu oleh pasang surut air laut.
5. Berdasarkan kandungan serat, abu, keasaman, tingkat pembusukan dan kandungan materian lain, pengamatan yang dilakukan secara megaskopis menunjukkan bahwa gambut di Kabupaten Mempawah terdiri dari 3 jenis, yaitu:
 - *Fibric*, yang dicirikan oleh gambut berwarna coklat - coklat tua kehitaman, dengan kandungan serat yang tinggi (>60%), fragmen-fragmen tumbuhan masih sangat jelas terlihat, rendah abu, asam kuat, derajat pembusukan H1 – H6, dan umum ditemui di permukaan hingga kedalaman 2 - 3 meter.
 - *Fibric – Hemic*, yang dicirikan oleh gambut berwarna coklat tua kehitaman, kandungan serat (33% - 60%), rendah abu, asam kuat, derajat pembusukan H3 – H5.
 - *Hemic*, yang dicirikan oleh gambut berwarna coklat tua kehitaman, kandungan serat cukup tinggi (>60%), asam kuat, rendah abu, derajat pembusukan H5 – H7, ditemukan di kedalaman lebih dari 4 meter.
6. Luas sebaran gambut pada 4 cekungan di daerah penyelidikan sebesar 738.683.255,98 m² atau 73.868,33 Hektar menghasilkan sumber daya gambut sebesar 223.439.055,52 ton gambut kering dengan kalori antara 4.163 - 5.072 kal/gr (adb). Sumber daya gambut tersebut masih bersifat sementara dan kemungkinan dapat bertambah besar jika dilakukan penyelidikan yang lebih rinci.
7. Potensi gambut diharapkan dapat digunakan sebagai cadangan energi alternatif pada masa yang akan datang sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga uap. Untuk menghasilkan energi listrik sebesar 100 MW maka sumber daya gambut Kabupaten Mempawah dapat mensuplai pembangkit listrik selama 33,40 tahun.
8. Untuk pemanfaatan gambut lebih lanjut sebagai energi alternatif, khususnya sebagai bahan baku pembangkit listrik diperlukan penyelidikan yang lebih rinci dengan melakukan peningkatan penyelidikan dari penyelidikan umum ke prospeksi sehingga di dapatkan data yang lebih

9. akurat baik dari aspek sebaran gambut, ketebalan dan kualitas.
10. Berdasarkan luas sebaran dan besar nilai kalori gambut hasil penyelidikan umum, maka prioritas peningkatan penyelidikan dari penyelidikan umum ke tahap prospeksi adalah Cekungan Durimah (255.639.777,07 m²) dengan nilai kalori sebesar 4.939 kal/gr (adb) dan Cekungan Penidor (217.049.169,22 m²) dengan nilai kalori sebesar 5.072 kal/gr (adb).

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I. G. M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian Dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah Dan World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. Indonesia. 36 hal.
- ASTM D4427-92(2002)e1, Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1992, www.astm.org
- ASTM D2974-20e1, Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, www.astm.org
- ASTM D2976-15, Standard Test Method for pH of Peat Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org
- ASTM D5715-00, Standard Test Method for Estimating the Degree of Humification of Peat and Other Organic Soils (Visual/Manual Method), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2000, www.astm.org
- BIG, 2022. "Peta Rupa Bumi Indonesia". <https://tanahair.indonesia.go.id>, diunduh pada tanggal 17 Januari 2022.
- BPS, 2017. "Kabupaten Mempawah Dalam Angka Tahun 2021". Badan Pusat Statistik Kabupaten Mempawah.
- BRG, 2022. "Peta Kesatuan Hidrologis Gambut". <https://prims.brg.go.id>, diunduh pada tanggal 12 Januari 2022.
- Brady, M. A., 1997. Organic Matter Dynamics of Coastal Peat Deposite in Sumatra, Indonesia. PhD Thesis. The University of British Columbia.
- KLHK, 2017a. Buku Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor Sk.129/Menlhk/Setjen/Pkl.0/2/2017 tentang Penetapan Peta Kesatuan Hidrologis Gambut Nasional. Biro Hukum KLHK-RI. Jakarta.
- KLHK, 2017b. Buku Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor Sk.130/Menlhk/Setjen/Pkl.0/2/2017 tentang Penetapan Peta Fungsi Ekosistem Gambut Nasional. Biro Hukum KLHK-RI. Jakarta.

- Murdiyarso, 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.
- Murdiyarso, D., dkk. 2004. Petunjuk Lapangan: Pendugaan Cadangan Karbon Pada Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Werlands International-Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia
- N. Suwarna dan R.P. Langford, 1993. Peta Geologi Regional Lembar Singkawang.
- [Peraturan Pemerintah nomor 57 Tahun 2016](#) tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15, 2021. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 Tahun 2021 yang merupakan perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2016 tentang *Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, Jakarta.
- Rencana Startegis Tahun 2020 – 2024, Direktorat Pengendalian Kerusakan Gambut, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Sieffermann, R.G., M. Fournier, S. Triutomo, M.T., Sadelman and A.M. Semah, 1988. Velocity of Tropical Forest Peat Acculuation in Central Kalimantan Province, Indonesia (Borneo). 8th International Peat Congress, 1 – 12. Leningrad: Ministry of Fuel Industry of RSFSR. Sadovaja – Chemogryazskaya.
- Subarnas, A., 2017, Laporan Survei Tinjau Gambut Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat.
- Subarnas, A. dan Dwitama, E.P., 2019. Potensi Gambut Untuk Pengembangan PLTU di Kecamatan Teluk Meranti, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau, Buletin Sumber Daya Geologi, Volume 14, Nomor 3, Bandung.
- Subarnas, A., 2020, Prospeksi Gambut di Daerah Rasau, Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat.
- Tropenbos Indonesia, 2020. Pedoman Pengukuran dan Pendugaan Cadangan Karbon Pada Ekosistem Hutan Gambut dan Mineral. Yayasan Tropenbos Indonesia, Bogor.
- Undang - Undang Nomor 3, 2020. Undang-Undang Nomor 3 tahun 2020 perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009 tentang *Pertambangan Mineral dan Batubara*, Jakarta.
- Van Bemmelen, R.W.,1949. The Geology of Indonesia – Vol. 1A, Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands.

- Van Zuidam, R. A., 1983. "Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping", ITC, Enschede, The Netherlands.
- Wetlands International-Indonesia Programme., 2004. "Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan".
- Wikipedia, 2022. "Kabupaten Mempawah", https://id.wikipedia.org/wiki/kabupaten_mempawah, diunduh tanggal 10 Januari 2022.
- Wikipedia, 2022. "Indikator Universal", https://id.wikipedia.org/wiki/Indikator_universal, diunduh tanggal 29 Mei 2022.

PENYELIDIKAN UMUM BITUMEN PADAT DAN ASPAL PULAU BUTON, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

**Sigit Arso Wibisono¹, Dede Ibnu Suhada¹, Handojo², Tatik Handayani²,
dan Tanti Indriyani²**

¹Kelompok Kerja Batubara

²Kelompok Kerja Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Penyelidikan umum bitumen padat dan aspal Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bitumen padat dan aspal baik secara kuantitatif dan kualitatif, mendapatkan wilayah prospek bitumen padat dan aspal yang dapat dipertimbangkan dalam tahapan kegiatan eksplorasi selanjutnya serta melengkapi data potensi bitumen padat dan aspal nasional. Metode yang digunakan dalam penyelidikan ini adalah pemetaan geologi permukaan yang terfokus formasi pembawa bitumen padat dan aspal. Target formasi pembawa bitumen padat dan aspal terdiri atas Formasi Wapulaka, Formasi Sampolakosa, dan Formasi Tondo.

Berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan, teridentifikasi 3 (tiga) blok prospek yaitu Blok 1, Blok 2, dan Blok 3. Hasil rekonstruksi dan interpretasi data yang dilakukan, potensi bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan terdiri atas 5 (lima) lapisan yang diberi kode HD-1 (Blok 1), HD-2 (Blok 1), dan HD-3 (Blok 1), KMR-1 (Blok 2), dan WKR-1 (Blok 3). Hasil analisis laboratorium yang dilakukan terhadap 23 (dua puluh tiga) percontoh menunjukkan kandungan minyak pada Blok 1, Blok 2, dan Blok 3 berturut-turut berkisar 80 liter/ton s.d. 250 liter/ton, 0 liter/ton s.d. 125 liter/ton, dan 185 liter/ton s.d. 330 liter/ton serta kadar aspal berkisar 4,2% s.d. 31,6%, 5,5% s.d. 5,6%, dan 47,5%. Karakteristik aspal (asbuton) pada Blok 1 termasuk jenis asbuton butir B 5/20, sedangkan Blok 3 termasuk jenis asbuton butir B 50/30. Khusus untuk Blok 2, jenis asbutonnya tidak dapat dikategorikan mengingat kadar aspalnya relatif rendah berkisar 5,5% s.d. 5,6%. Selain itu, berdasarkan parameter nilai reflektansi vitrinit dari hasil analisis petrografi organik mengindikasikan bahwa lapisan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal termasuk kerogen tipe II serta termasuk kategori *immature zone* s.d. *oil zone*.

Kuantitas/potensi batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok 1, Blok 2, dan Blok 3 sebesar 3.649.105 ton dan termasuk klasifikasi sumber daya hipotetik. Hasil perhitungan sumber daya minyak (bitumen padat) berkisar 2.248.348,43

barrel s.d. 4.753.421,86 barrel dan sumber daya aspal berkisar 904.768,88 ton s.d. 905.444,99 ton

Kata kunci: Bitumen padat, aspal, kandungan minyak, kadar aspal, sumber daya hipotetik

PENDAHULUAN

Aspal merupakan material berbentuk setengah padat atau padat, berwarna kehitaman sampai cokelat kehitaman, bersifat rekat (*cementitious*), dan memiliki titik didih $> 500^{\circ}$ celcius. Aspal tersusun oleh sebagian besar bitumen yang secara keseluruhan dapat berbentuk padat atau setengah padat berasal dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi (ASTM, 1994). Bitumen adalah campuran senyawa hidrokarbon yang dapat berasal dari alam atau proses pemanasan atau berasal dari keduanya, terkadang disertai dengan derivat yang bersifat non logam, dapat berbentuk padat atau setengah padat (cair atau gas), dan dapat terlarut dalam karbondisulfida (CS_2) (The Asphalt Institute, 1993).

Potensi sumber daya aspal alam Indonesia berada di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Meskipun Indonesia memiliki potensi sumber daya aspal alam, namun saat ini penggunaan aspal di Indonesia sebagian besar berasal dari aspal buatan hasil pengolahan atau pemurnian minyak bumi. Salah satu penyebab penggunaan aspal alam masih minim dikarenakan potensi kuantitatif sumber daya aspal alam tersebut belum diketahui secara pasti.

Menurut hasil penyelidikan terdahulu, keberadaan aspal di Pulau Buton juga berasosiasi dengan bitumen atau batuan bitumen padat. Bitumen padat (*oil shale*) merupakan batuan sedimen klastik dan karbonat yang mengandung material organik dan apabila dipanaskan pada suhu $550^{\circ}C$ material organik tersebut akan berubah fase menjadi gas dan cair (dalam hal ini minyak) (Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, 2004). Oleh karena itu, kegiatan penyelidikan aspal di Pulau Buton tidak terlepas dari penyelidikan batuan bitumen padat.

Penyelidikan umum bermaksud untuk melakukan identifikasi awal/pendahuluan potensi bitumen padat dan aspal di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara secara kuantitatif dan kualitatif. Tujuan akhirnya adalah tersedianya data potensi bitumen padat dan aspal Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara yang kemudian dapat dijadikan pertimbangan dalam penyusunan wilayah keprospection dan tahapan eksplorasi selanjutnya serta melengkapi data sumber daya geologi nasional.

METODOLOGI

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bitumen padat

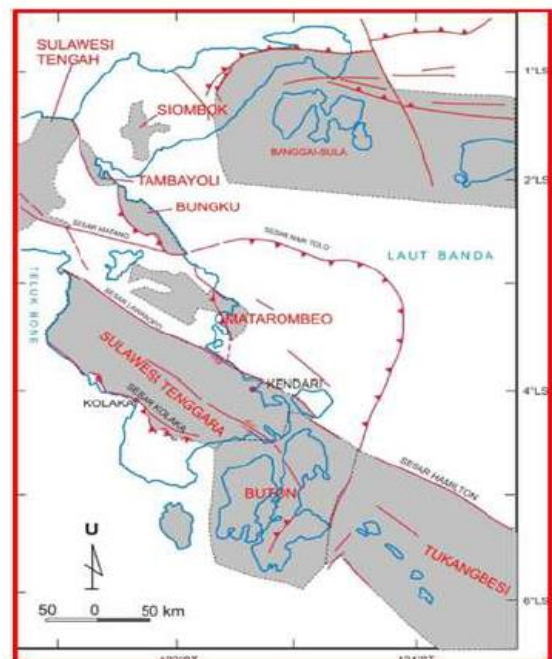
dan aspal Pulau Buton berupa kegiatan pemetaan geologi permukaan dan pembuatan sumur uji yang difokuskan pada formasi pembawa bitumen padat dan aspal. Selain itu, analisis laboratorium dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik bitumen padat dan aspal Pulau Buton.

Berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan umum, terdapat 23 (dua puluh tiga) percontoh yang dilakukan analisis laboratorium untuk mengetahui karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal berupa analisis proksimat dan ultimat, petrografi material organik, *retort* (termasuk berat jenis), *X-Ray Diffraction* (XRD), ekstraksi batuan aspal (asbuton), kadar asbuton, dan kadar bitumen. Kegiatan analisis tersebut dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi dan laboratorium Balai Bahan Jalan, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kementerian PUPR).

GEOLOGI REGIONAL

Tatanan tektonik regional daerah penyelidikan berdasarkan Peta Geologi Lembar Buton (Sikumbang dkk., 1995) termasuk bagian dari Anjungan Tukangbesi-Buton (Gambar 1). 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 pinggir benua serta batuan malihan berumur Permo-Karbon sebagai batuan alasnya.



Gambar 1. Struktur dan tektonik regional di bagian timur dan tenggara Pulau Sulawesi (Surono, 2010 dalam Arifin dan Naibaho, 2015)

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.

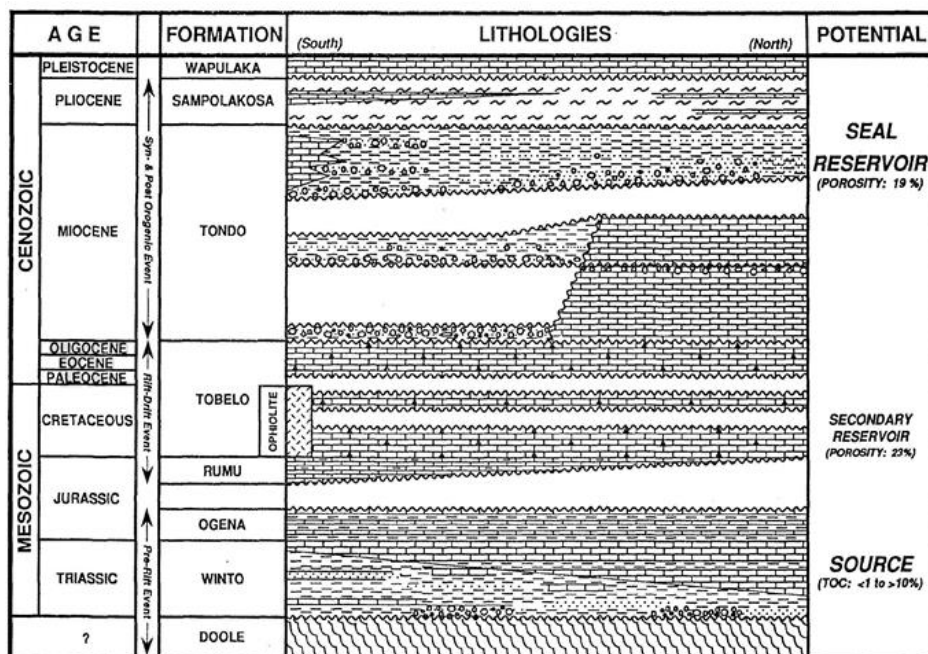
Kelompok batuan Mesozoikum terdiri atas Formasi Winto, Formasi Ogena, Formasi Rumu, dan Formasi Tobelo yang diendapkan dari Trias hingga Kapur Akhir bahkan hingga Paleosen. Kelompok batuan sedimen yang termasuk Kenozoikum kemudian menutupi sebagian besar Pulau Buton yang terdiri atas Formasi Tondo, Formasi Sampolakosa, dan Formasi Wapulaka yang diendapkan pada Miosen Awal hingga Plistosen (Davidson, 1991) (Gambar 2).

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).

Struktur umumnya berarah timur laut s.d. barat daya 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).



Gambar 2. Stratigrafi regional Pulau Buton (Davidson, 1991)

HASIL PENYELIDIKAN

Morfologi

Secara umum, daerah penyelidikan merupakan daratan berbukit-bukit yang dikelilingi oleh laut. Kemiringan lereng dari perbukitan ini berkisar antara 20° hingga 50° , namun pada beberapa tempat dapat mencapai lebih dari 70° .

Wilayah penyelidikan meliputi sebagian besar Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara, sehingga pembagian morfologinya bersifat regional dikarenakan cakupan wilayah tersebut relatif luas. Berdasarkan hasil pengamatan, interpretasi serta analisis peta topografi dan peta Digital Elevation Model (DEM) yang dipublikasikan pada *website* tanahair.indonesia.go.id (Badan Informasi Geospasial, 2018), daerah penyelidikan dapat dibagi menjadi 3 satuan morfologi, yaitu satuan dataran pedalaman, satuan perbukitan bergelombang, dan satuan perbukitan curam (Gambar 3).

Satuan dataran pedalaman meliputi sekitar 35% daerah penyelidikan yang sebagian besar berada di bagian timur s.d. barat dan sebagian kecil berada di bagian utara s.d. selatan. Satuan dataran pedalaman ditandai dengan area berwarna hijau pada morfologi yang menunjukkan kerapatan kontur yang relatif renggang dan sungai yang relatif memiliki ordo tinggi (Gambar 3)

Satuan perbukitan bergelombang meliputi sekitar 61% daerah penyelidikan

yang berada di sepanjang bagian utara s.d. selatan. Satuan perbukitan bergelombang rendah pedalaman ini ditandai dengan area berwarna kuning pada peta morfologi yang menunjukkan kerapatan kontur yang lebih rapat dan sungai yang memiliki ordo rendah (Gambar 3).

Satuan perbukitan curam menempati sekitar 4% daerah penyelidikan yang ditandai dengan warna merah pada morfologi yang menunjukkan kerapatan kontur yang relatif renggang dan sungai yang relatif memiliki ordo tinggi (Gambar 3).

Data Geologi dan Hasil Analisis Laboratorium Bitumen Padat dan Aspal

Kegiatan pemetaan geologi khususnya pengumpulan dan pencarian data singkapan bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan terfokus pada Formasi Tondo (Tmtc), Formasi Sampolakosa (Tmps), dan Formasi Wapulaka (Qpw). Berdasarkan pengamatan di lapangan, keberadaan singkapan bitumen padat dan aspal hampir seluruhnya berasosiasi dengan ketiga formasi tersebut. Penyebaran bitumen padat dan aspal berada di Desa Hendea, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan; Kelurahan Kamaru, Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton; dan Desa Bubu, Kecamatan Kambowa, Kabupaten Buton Utara yang

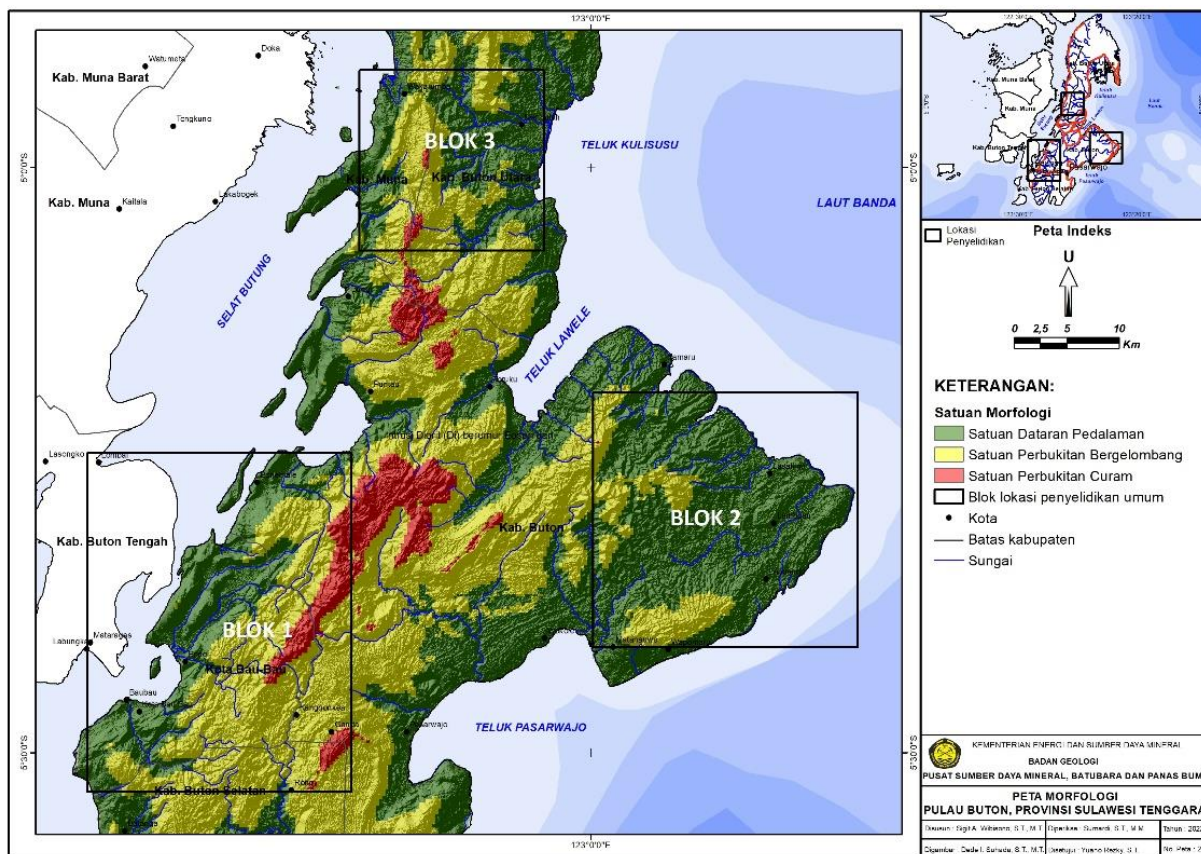
termasuk dalam lingkup wilayah Pulau Buton.

Berdasarkan sebaran data hasil penyelidikan umum dan analisis laboratorium, maka potensi dan karakteristik aspal dan bitumen padat di daerah penyelidikan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) blok yaitu Blok 1, Blok 2, dan Blok 3 (Gambar 4).

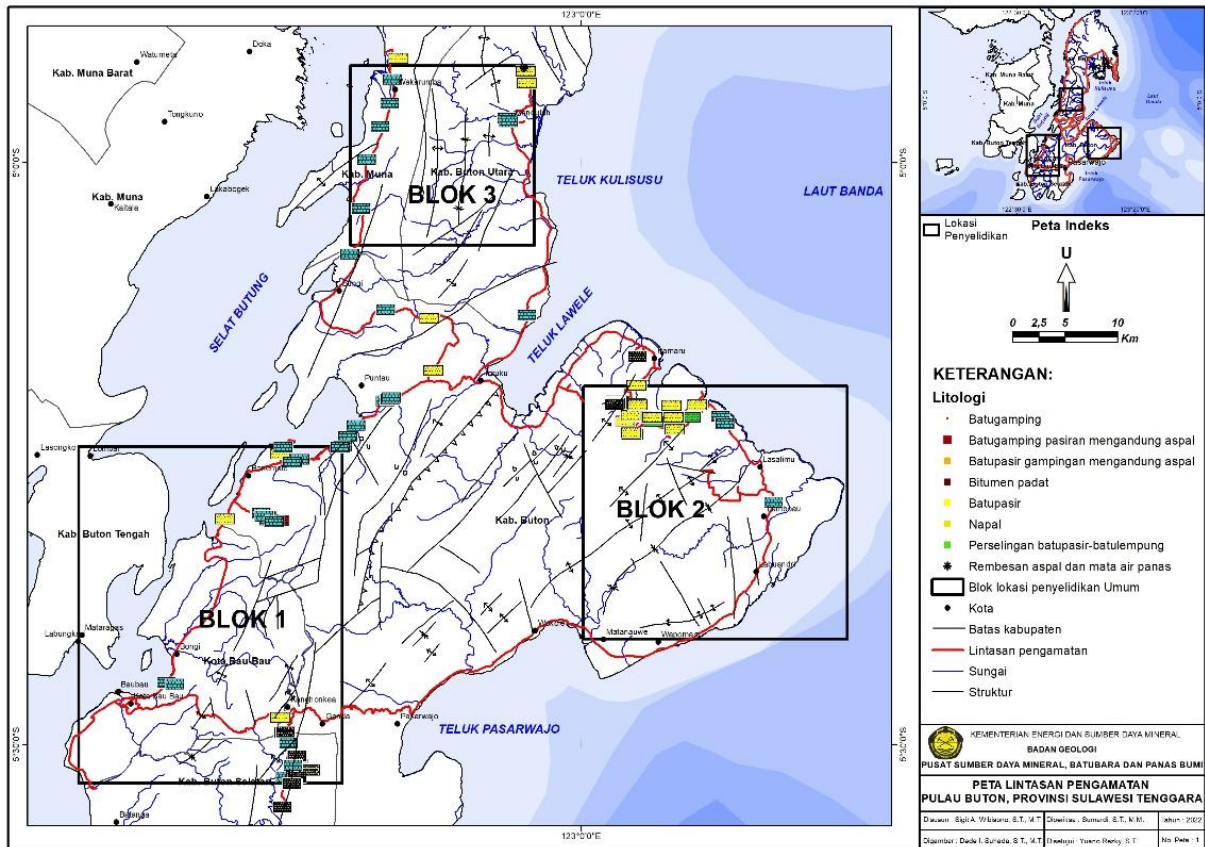
Blok 1

Blok 1 merupakan blok yang berpotensi mengandung bitumen padat

dan aspal di daerah Wakalambe dan sekitarnya, berada pada bagian barat daya daerah penyelidikan tepatnya di Desa Hendea dan Desa Rongi, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan. Berdasarkan rekonstruksi kedudukan arah jurus dan kemiringan lapisan serta posisi stratigrafi, terdapat 3 (tiga) lapisan batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal yang diberi notasi HD-1, HD-2, dan HD-3.



Gambar 3. Morfologi daerah penyelidikan



Gambar 4. Sebaran blok yang berpotensi bitumen padat dan aspal

Litologi batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal merupakan batupasir gampingan dan batugamping pasiran (Gambar 5). Selain itu, hasil *plotting* pada peta geologi regional mengindikasikan bahwa seluruh singkapan tersebut berada di sepanjang zona struktur yang berarah hampir utara s.d. selatan sehingga potensi aspal diperkirakan memanjang hampir ke arah utara s.d. selatan dengan ketebalan lapisan berkisar > 2,00 m s.d. 4,70 m.

Ketersediaan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 1 umumnya berada

di Formasi Sampolakosa dan sebagian kecil di Formasi Wapulaka. Berdasarkan hasil analisis *retort*, batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal memiliki kandungan air berkisar 0 liter/ton s.d. 30 liter/ton dan kandungan minyak berkisar 80 liter/ton s.d. 250 liter/ton dengan berat jenis berkisar 1,85 gram/cm³ s.d. 2,4 gram/cm³. Hasil analisis proksimat dalam basis adb menunjukkan kadar abu (*ash*) berkisar 39,11% s.d 48,47%, kadar air (M) berkisar 0,23% s.d 8,07%, kadar zat terbang (VM) berkisar 50,91% s.d. 55,87%, dan kadar karbon tertambat (FC) berkisar 0,01% s.d. 2,83%.



Gambar 5. Kenampakan singkapan aspal pada Blok 1

Selain itu, hasil analisis ultimat dalam basis daf menunjukkan unsur karbon berkisar 40,22% s.d. 58,03%, unsur hidrogen berkisar 3,01% s.d. 5,99%, unsur oksigen berkisar 30,88% s.d. 54,58%, unsur nitrogen berkisar 0,12% s.d. 0,42%, dan unsur sulfur berkisar 0,59% s.d. 2,69%.

Hasil analisis petrografi material organik menunjukkan nilai reflektansi vitrinit berkisar 0,26% s.d. 0,31% dengan komposisi umumnya berupa kelompok maseral vitrinit lebih dominan dari kelompok maseral inertinit ($V < I$). Hasil analisis kadar aspal berkisar 4,2% s.d. 31,6%, kadar air pada aspal berkisar 0,9% s.d. 6,5%, penetrasi aspal berkisar 2 dmm s.d. 4 dmm, titik lembek aspal berkisar 70,7°C s.d. 85,1°C, dan daktilitas aspal sebesar 0,5 cm. Karakteristik batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung padat dan aspal pada Blok 1.

No	Parameter		Satuan	Basis	Kisaran Nilai
1	Retort	Kandungan Air	liter/ton		0-30
2		Kandungan Minyak			80-250
3	Proksimat	Air (M)	%	adb	0,23-8,07
4		Zat Terbang (VM)			50,91-55,87
5		Abu (Ash)			39,11-48,47
6		Karbon Tertambat (FC)			0,01-2,83
7	Total Sulfur (TS)				0,59-2,69
8	Ultimat	Karbon (C)	%	daf	40,22-58,03
9		Hidrogen (H)			3,01-5,99
10		Nitrogen (N)			0,12-0,42
11		Oksigen (O)			30,88-54,58
12		Sulfur (S)			1,15-4,86
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrinit	%		0,26-0,31
14	Berat Jenis Batuan		gram/cm ³		1,85-2,40
15	Kadar Aspal		%		4,2-31,6
16	Kadar Air		%		0,9-6,5
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm		dmm		2-4
18	Titik Lembek Aspal		°C		70,7-85,1
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit		cm		0,5-0,5
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C				1,085-1,102

Selain batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal, analisis kimia (proksimat dan ultimat) juga dilakukan terhadap percontoh hasil ekstraksi aspal. Hasil analisis proksimat dalam basis adb menunjukkan kadar abu (*ash*) berkisar 0,95% s.d. 2,45%, kadar air (M) berkisar 0,24% s.d. 0,40%, kadar zat terbang (VM) berkisar 90,10% s.d. 95,40%, dan kadar karbon tertambat (FC) berkisar 3,26% s.d. 7,22%. Hasil analisis ultimat dalam basis daf menunjukkan nilai unsur karbon (C) berkisar 80,30% s.d. 80,56%, unsur hidrogen (H) berkisar 9,42% s.d. 9,56%, unsur nitrogen (N) berkisar 0,61% s.d. 0,72%, unsur oksigen (O) berkisar 4,01% s.d. 4,96%, dan total sulfur (TS) berkisar 4,58% s.d. 5,28% (Tabel 2).

Tabel 2. Karakteristik kimia aspal hasil ekstraksi pada Blok 1

No	Parameter	Kadar air (M)	Satuan	Basis	Kisaran Nilai
1	Proksimat	Air (M)	%	adb	0,24-0,40
2		Zat Terbang (VM)			90,10-95,40
3		Abu (Ash)			0,95-2,45
4		Karbon Tertambat (FC)			3,26-7,22
5	Total Sulfur (TS)				4,52-5,14
6	Ultimat	Karbon (C)	%	daf	80,30-80,56
7		Hidrogen (H)			9,42-9,56
8		Nitrogen (N)			0,61-0,72
9		Oksigen (O)			4,01-4,96
10		Sulfur (S)			4,58-5,28

Blok 2

Blok 2 merupakan blok yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal (asbuton) di daerah Lasalimu dan sekitarnya yang berada pada bagian tenggara daerah penyelidikan. Berdasarkan rekonstruksi kedudukan arah jurus dan kemiringan lapisan serta posisi stratigrafi dari masing-masing singkapan, terdapat 1 (satu) lapisan yang mengandung bitumen padat dan aspal yang diberi notasi KMR-1 dengan litologi berupa batugamping pasiran dan batupasir gampingan (Gambar 6). Selain itu, hasil *plotting* pada peta geologi regional mengindikasikan bahwa seluruh singkapan aspal berada di sepanjang zona struktur yang berarah hampir timur laut s.d. barat daya sehingga potensi aspal diperkirakan memanjang ke arah hampir timur laut s.d. barat daya dengan ketebalan berkisar 1,00 m s.d. 2,70 m.

Berdasarkan kenampakan megaskopis batuan dari hasil kegiatan penyelidikan lapangan pada Blok 2 terdapat batuan yang berpotensi

mengandung bitumen padat dan aspal. Keterdapat batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2 berada di Formasi Tondo. Berdasarkan hasil analisis *retort*, batuan tersebut memiliki kandungan air berkisar 15 liter/ton s.d. 160 liter/ton, kandungan minyak berkisar 0 liter/ton s.d. 125 liter/ton dengan berat jenis berkisar 1,96 gram/cm³ s.d. 2,42 gram/cm³. Hasil analisis proksimat dalam basis adb pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal menunjukkan kadar abu berkisar 48,34% s.d. 79,02%, kadar air (M) berkisar 0,73% s.d. 8,79%, kadar zat terbang (VM) berkisar 12,19% s.d. 50,46%, dan kadar karbon tertambat berkisar 0,01% s.d. 0,22%, sedangkan hasil analisis ultimat dalam basis daf menunjukkan kadar karbon berkisar 20,74% s.d. 46,50%, kadar hidrogen berkisar 3,20% s.d. 8,41%, kadar nitrogen berkisar 0,06% s.d. 0,37%, kadar oksigen berkisar 44,84% s.d. 69,04%, dan kadar sulfur berkisar 1,64% s.d. 4,57%.



Gambar 6. Kenampakan singkapan aspal pada Blok 2

Tabel 3. Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2

No		Parameter	Satuan	Basis	Kisaran Nilai
1	Retort	Kandungan Air	liter/ton		15-160
2		Kandungan Minyak			0-125
3	Proksimat	Kadar air (M)	%	adb	0,73-8,79
4		Kadar Zat Terbang (VM)			12,19-50,46
5		Kadar Abu (Ash)			48,34-79,02
6		Karbon Tertambat (FC)			0,01-0,22
7	Total Sulfur (TS)				0,20-1,47
8	Ultimat	Kadar Karbon (C)	%	daf	20,74-46,50
9		Kadar Hidrogen (H)			3,20-8,41
10		Kadar Nitrogen (N)			0,06-0,37
11		Kadar Oksigen (O)			44,84-69,04
12		Kadar Sulfur (S)			1,64-4,57
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrit	%		0,21-0,33
14	Berat Jenis		gram/cm ³		1,96-2,42
15	Kadar Aspal		%		5,5-5,6
16	Kadar Air		%		1,8-4,8
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm		Dmm		3-3
18	Titik Lembek Aspal		°C		71,9-71,9
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit		Cm		0,5-0,5
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C				1,079-1,079

Hasil analisis petrografi material organik menunjukkan nilai reflektansi vitrit berkisar 0,21 s.d. 0,33 dengan komposisi kelompok maseral vitrit dan inertinit umumnya dominan. Hasil analisis kadar aspal pada batuan yang mengandung aspal berkisar 5,5% s.d. 5,6%, kadar air pada aspal berkisar 1,8% s.d. 4,8%, penetrasi aspal 3 dmm s.d. 3 dmm, titik lembek aspal 71,9°C, dan daktilitas aspal berkisar 0,5 cm s.d. 0,5 cm. Karakteristik batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2 dapat dilihat pada Tabel 3.

Blok 3

Blok 3 merupakan blok yang berpotensi bitumen padat dan aspal di daerah Wakorumba dan sekitarnya yang

berada pada bagian utara daerah penyelidikan, tepatnya berada di Desa Bubu, Kecamatan Kambowa, Kabupaten Buton Utara. Pada blok ini ditemukan 1 (satu) rembesan aspal bersama dengan mata air panas (Gambar 7). Berdasarkan rekonstruksi kedudukan arah jurus dan kemiringan lapisan serta posisi stratigrafi, terdapat 1 (satu) lapisan yang diberi notasi WKR-1 dengan ketebalan sekitar 1,00 meter.



Gambar 7. Kenampakan rembesan aspal pada Blok 3

Keterdapat batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 3 umumnya berada di Formasi Sampolakosa. Berdasarkan hasil analisis retort, batuan yang mengandung aspal memiliki kandungan air berkisar 55 liter/ton s.d. 100 liter/ton dan kandungan minyak berkisar 185 liter/ton s.d. 330 liter/ton dengan berat jenis berkisar 1,5 gram/cm³ s.d. 1,73 gram/cm³. Hasil analisis proksimat dalam basis adb menunjukkan kadar abu (*ash*)

berkisar 52,14% s.d. 57,60%, kadar air (M) berkisar 3,36% s.d. 3,38%, kadar zat terbang (VM) berkisar 35,29% s.d. 42,62%, dan kadar karbon tertambat (FC) berkisar 1,89% s.d. 3,73%.

Selain itu, hasil analisis ultimat dalam basis daf menunjukkan kadar karbon berkisar 62,94% s.d. 74,18%, kadar hidrogen berkisar 3,23% s.d. 9,21%, kadar nitrogen berkisar 0,70% s.d. 0,81%, kadar oksigen berkisar 11,69% s.d. 26,32%, dan kadar sulfur berkisar 2,83% s.d. 4,11%.

Hasil analisis petrografi material organik diwakili oleh 1 (satu) percontoh menunjukkan nilai reflektansi vitrinit 0,70% dengan komposisi kelompok maseral vitrinit relatif lebih besar dibandingkan komposisi kelompok maseral inertinit ($V > I$). Selain itu, analisis kadar aspal, kadar air pada aspal, penetrasi aspal, titik lembek aspal, dan daktilitas aspal pada Blok 3 juga hanya dilakukan pada satu kode percontoh.

Hasil analisis kadar aspal sebesar 47,5%, kadar air pada aspal sebesar 21,8%, penetrasi aspal berkisar 56 dmm, titik lembek aspal sebesar 50,4°C, dan daktilitas sebesar >140 cm. Karakteristik batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 3 dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertujuan untuk mengetahui mineralogi yang terkandung pada batuan

yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal. Mineral yang terkandung dalam batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal umumnya didominasi oleh kalsite (*calcite*). Hasil analisis XRD pada seluruh Blok dapat dilihat Tabel 5.

Tabel 4. Karakteristik batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 3

No	Parameter		Satuan	Basis	Kisaran Nilai
1	Retort	Kandungan Air	liter/ton		55-100
2		Kandungan Minyak			185-330
3	Proksimat	Kadar air (M)	%	adb	3,36-3,38
4		Kadar Zat Terbang (VM)			35,29-42,62
5		Kadar Abu (Ash)			52,14-57,60
6		Karbon Tertambat (FC)			1,89-3,73
7	Ultimat	Kadar Karbon (C)	%	daf	62,94-74,18
8		Kadar Hidrogen (H)			3,23-9,21
9		Kadar Nitrogen (N)			0,70-0,81
10		Kadar Oksigen (O)			11,68-26,32
11		Kadar Sulfur (S)			2,83-4,11
12	Total Sulfur (TS)				1,26-1,60
13	Petrografi Material Organik	Reflektansi Vitrinit	%		0,70
14	Berat Jenis		gram/cm ³		1,50-1,73
15	Kadar Aspal		%		47,5
16	Kadar Air		%		21,8
17	Penetrasi Aspal pada 25°C, 100 g, 5 detik, 0,1 mm		dmm		56
18	Titik Lembek Aspal		°C		50,4
19	Daktilitas Aspal pada 25°C, 5 cm/menit		cm		>140
20	Berat Jenis Aspal pada 25°C				1,046

Tabel 5. Hasil analisis XRD

No	Nama Blok	Nama Mineral	Nama Lapisan
1	1	Ankerite, Calcite	HD-1
2	2	Dolomite, Quartz, Calcite	LSB-1
3	2	Calcite	LSB-1
4	-	Calcite, Quartz, Chrysolite	-
5	-	Calcite	-
6	-	Calcite	-
7	-	Calcite, Nontronite, Quartz, Pecoraite	-

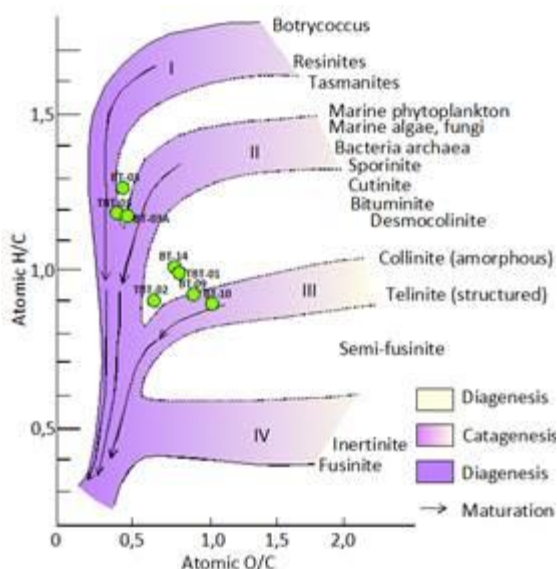
PEMBAHASAN

Karakteristik Bitumen Padat dan Aspal

Penentuan karakteristik (kualitas) batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal dilakukan berdasarkan interpretasi menggunakan parameter-parameter yang berasal dari hasil analisis laboratorium.

Blok 1

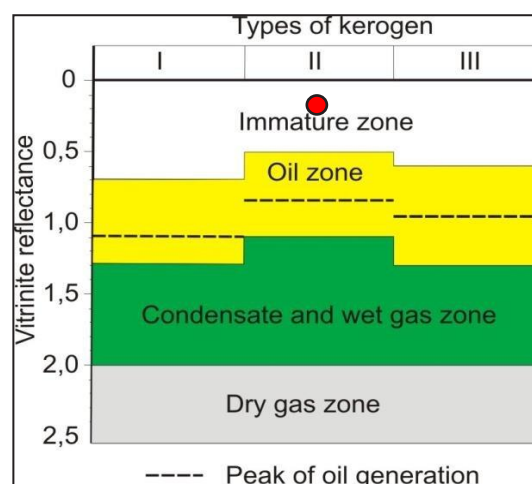
Hasil analisis proksimat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal menunjukkan kadar abu berkisar 39,11% s.d. 48,47% yang mengindikasikan bahwa batuan yang mengandung aspal umumnya didominasi oleh pengotor mineral. Ditinjau dari sudut pandang batuan induk, berdasarkan hasil analisis ultimat mengindikasikan bahwa unsur dominan adalah karbon.



Gambar 8. Plot rasio hidrogen-karbon dengan oksigen-karbon pada Blok 1 di diagram (modifikasi Walters, 2007)

Hasil perbandingan/rasio hidrogen dan karbon serta oksigen dan karbon dari hasil ultimat mengindikasikan batuan yang mengandung aspal umumnya termasuk dalam kerogen Tipe II sebagaimana terlihat pada Gambar 8. Kerogen Tipe II memiliki rasio hidrogen dengan karbon relatif tinggi dan cenderung menghasilkan minyak.

Hasil analisis petrografi material organik mengindikasikan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok 1 memiliki nilai reflektansi vitrinit 0,26% dengan komposisi kelompok maseral vitrinit relatif lebih besar dibandingkan komposisi kelompok maseral inertinit ($V > I$). Berdasarkan nilai reflektansi vitrinit, batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal termasuk kerogen Tipe II dan kategori belum matang (*immature zone*) (Gambar 9).



Gambar 9. Diagram evaluasi untuk kematangan kerogen berdasarkan nilai reflektansi vitrinit pada Blok 1 (Tissot dan Welte, 1978)

Berdasarkan parameter kadar aspal dan penetrasi mengindikasikan bahwa aspal/asbuton pada Blok 1 termasuk jenis B 5/20 dengan nilai penetrasi berkisar 2 dmm s.d. 4 dmm dan kadar aspal berkisar 4,2% s.d. 31,6%. Berdasarkan kriteria penggunaan jenis dan teknologi asbuton sebagaimana termaktub dalam Permen PUPR Nomor 18/PRT/M/2018, maka asbuton yang terdapat pada Blok 1 merupakan asbuton butir yang dapat dimanfaatkan dengan jenis teknologi campuran panas pada kelas lalu lintas jalan II dan III (Tabel 6). Kelas jalan II dan III memiliki lalu lintas jalan selama umur rencana berkisar 10 s.d. 30 juta (Equivalent Singel Axel Load-ESAL) dan 4 s.d. 10 juta (Equivalent Singel Axel Load-ESAL).

Tabel 6. Kriteria penggunaan jenis teknologi asbuton pada Blok 1

No.	Jenis Asbuton	Jenis Teknologi	Kelas Lalu Lintas Jalan					Alat Khusus
			I	II	III	IV	V	
1.	Asbuton Butir	B 5/20	-	√	√	-	-	-
		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 analisis XRD mengindikasikan bahwa mineralogi yang terdapat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal umumnya berupa kalsit dan ankerit. Mineral kalsit dan ankerit umumnya terdapat dalam batukapur merupakan jenis mineral lunak. Batukapur yang mempunyai kandungan mineral lunak umumnya cenderung memiliki tingkat keausan yang relatif lebih cepat dibandingkan batuan lain sehingga mempengaruhi kekesatan beton aspal (Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, 2016).

Blok 2

Hasil analisis proksimat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2 menunjukkan kadar abu berkisar 48,34% s.d. 79,02%, mengindikasikan bahwa batuan tersebut didominasi oleh pengotor mineral. Selain itu, nilai kadar karbon tertambat yang relatif kecil berkisar 0,01% s.d. 0,22% mengindikasikan keberadaan material organik yang relatif rendah pada batuan tersebut.

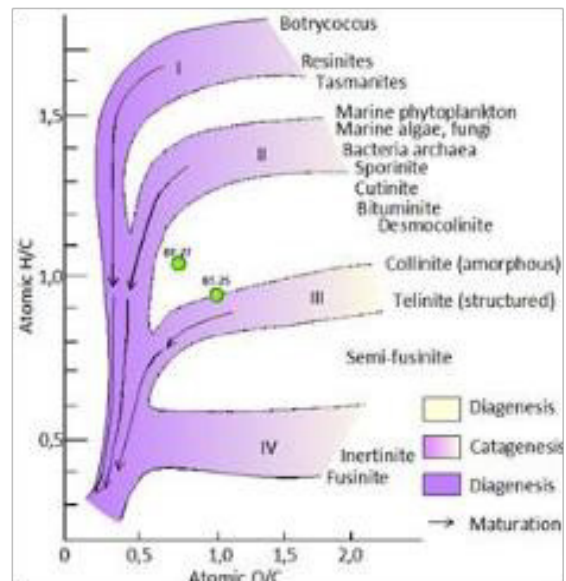
Berdasarkan hasil analisis *retort*, kandungan air yang relatif tinggi berkisar 15 liter/ton s.d. 160 liter/ton dan kandungan minyak yang relatif lebih rendah berkisar 0 liter/ton s.d. 125 liter/ton dibandingkan kandungan airnya serta kadar aspal yang relatif rendah berkisar

5,5% dan 5,6% mengindikasikan bahwa batuan pada Blok 2 tidak prospek/potensial dikategorikan sebagai batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal. Selain itu, keberadaan kadar karbon tertambat dan karbon yang relatif rendah dari hasil analisis proksimat dan ultimat juga mengindikasikan batuan tersebut tidak potensial/prospek sebagai batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal.

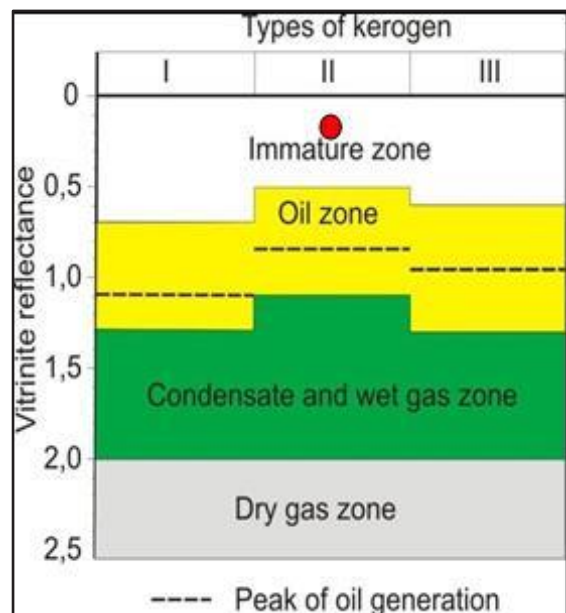
Berdasarkan hasil analisis ultimat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal mengindikasikan bahwa unsur dominan adalah karbon. Hasil perbandingan/rasio hidrogen dan karbon serta oksigen dan karbon dari hasil ultimat mengindikasikan batuan yang mengandung aspal termasuk dalam kerogen Tipe II sebagaimana terlihat pada Gambar 10. Kerogen Tipe II memiliki memiliki rasio hidrogen dengan karbon relatif tinggi dan cenderung menghasilkan minyak.

Hasil analisis petrografi material organik mengindikasikan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Blok 2 umumnya memiliki nilai reflektansi vitrinit berkisar 0,22% s.d. 0,33% dengan komposisi kelompok maseral dominan vitrinit dan inertinit. Berdasarkan nilai reflektansi vitrinit, batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2 termasuk kerogen Tipe II dan kategori

belum matang (*immature zone*) (Gambar 11).



Gambar 10. Plot rasio hidrogen-karbon dengan oksigen-karbon pada Blok 2 di diagram (modifikasi Walters, 2007)



Gambar 11. Diagram evaluasi untuk kematangan kerogen berdasarkan nilai berdasarkan reflektansi vitrinit pada Blok 2 (Tissot dan Welte, 1978)

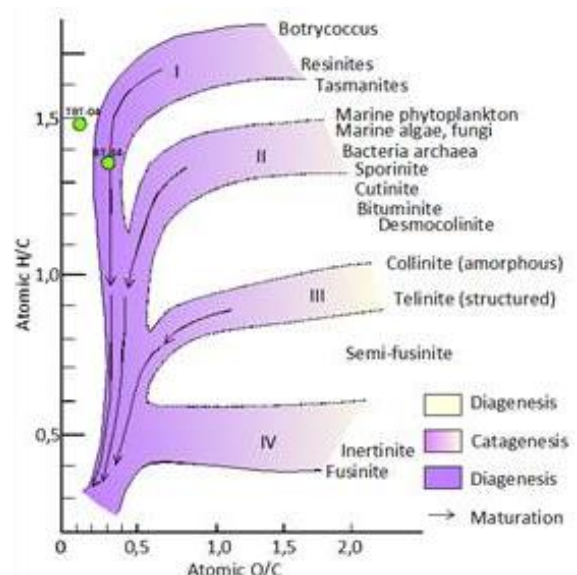
Hasil analisis XRD mengindikasikan bahwa mineralogi yang terdapat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 2 umumnya berupa kalsit dan dolomit. Mineral kalsit dan dolomit umumnya terdapat dalam batukapur merupakan jenis mineral lunak. Batukapur yang mempunyai kandungan mineral lunak umumnya cenderung memiliki tingkat keausan yang relatif lebih cepat dibandingkan batuan lain sehingga mempengaruhi kekesatan beton aspal (Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, 2016).

Berdasarkan parameter kadar aspal dan penetrasi mengindikasikan bahwa aspal yang terdapat pada Blok 2 tidak dapat dikategorikan dengan jenis kriteria penggunaan jenis dan teknologi asbuton sebagaimana termaktub dalam Permen PUPR Nomor 18/PRT/M/2018, dikarenakan kadar aspal hanya berkisar 5,5% s.d. 5,6% dan nilai penetrasi berkisar 3 dmm s.d. 3 dmm.

Blok 3

Hasil analisis proksimat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal pada Blok 3 menunjukkan kadar abu berkisar 52,14% s.d. 57,60% dan karbon tertambat berkisar 1,89% s.d. 3,73% yang mengindikasikan bahwa batuan tersebut umumnya didominasi oleh pengotor mineral.

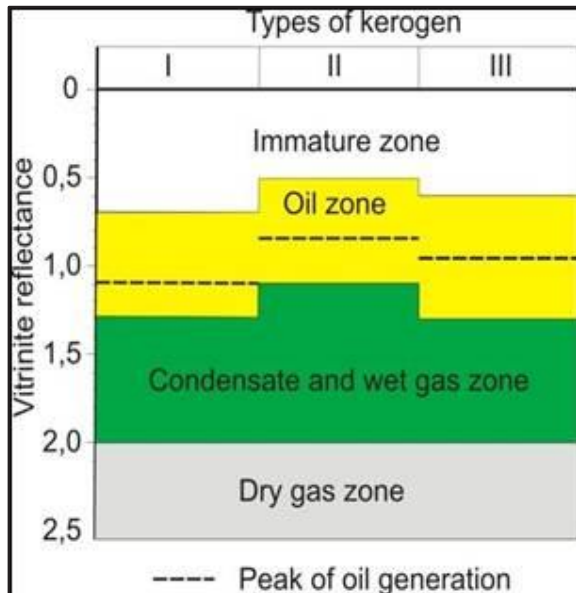
Berdasarkan hasil analisis ultimat mengindikasikan bahwa unsur dominan adalah karbon. Hasil perbandingan/rasio hidrogen dan karbon serta oksigen dan karbon dari hasil ultimat mengindikasikan batuan yang mengandung aspal termasuk dalam kerogen Tipe I sebagaimana terlihat pada Gambar 12. Kerogen Tipe I memiliki rasio hidrogen dengan karbon relatif lebih tinggi dan cenderung menghasilkan minyak.



Gambar 12. Plot rasio hidrogen-karbon dengan oksigen-karbon pada Blok 3 di diagram (modifikasi Walters, 2007)

Hasil analisis petrografi material organik yang diwakili oleh 1 percontoh batuan yaitu dari sumur uji TBT-04 mengindikasikan batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal di Blok 3 umumnya memiliki nilai reflektansi vitrinit 0,70% dengan komposisi kelompok maseral dominan inertinit (Tabel 4.10). Berdasarkan nilai reflektansi vitrinit,

batuan tersebut termasuk dalam kerogen Tipe I dan zona minyak (*oil zone*) (Gambar 13).



Gambar 13. Diagram evaluasi untuk kematangan kerogen berdasarkan nilai reflektansi vitrinit pada Blok 3 (Tissot dan Welte, 1978).

Hasil analisis XRD mengindikasikan bahwa mineralogi yang terdapat pada batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal umumnya berupa kalsit. Mineral kalsit umumnya terdapat dalam batukapur merupakan jenis mineral lunak. Batukapur yang mempunyai kandungan mineral lunak umumnya cenderung memiliki tingkat keausan yang relatif lebih cepat dibandingkan batuan lain sehingga mempengaruhi kekesatan beton aspal (Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, 2016).

Berdasarkan parameter kadar aspal dan penetrasi mengindikasikan bahwa aspal/asbuton yang terdapat pada Blok 3 termasuk jenis B 50/30 dengan nilai penetrasi sebesar 56 dan kadar aspal berkisar 47,5%. Berdasarkan kriteria penggunaan jenis dan teknologi asbuton sebagaimana termaktub dalam Permen PUPR Nomor 18/PRT/M/2018, maka asbuton yang terdapat pada Blok 3 merupakan asbuton butir yang dapat dimanfaatkan dengan jenis teknologi campuran panas, CPHMA, LPMA, dan *butur seal* pada kelas lalu lintas jalan III, IV, dan V (Tabel 7).

Tabel 7. Kriteria penggunaan jenis dan teknologi asbuton pada Blok 1

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
		B 50/30 CPHMA	-	-	-	√	√	-
		B 50/30 LPMA	-	-	-	√	√	Lump Breaker
		B 50/30 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.

Kuantitas Bitumen Padat dan Aspal

Perhitungan kuantitas batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan sementara ini masih mengacu kepada standar kinerja penyelidikan Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara, Badan Geologi,

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mengingat standar nasional terkait perhitungan kuantitas tersebut (sumber daya dan cadangan) belum ada. Dasar acuan perhitungan kuantitas batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal umumnya berkaitan 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 diantaranya meliputi teknis penambangan, pengolahan, ekonomi, pemasaran, legalitas, lingkungan, sarana dan prasarana, sosial, serta peraturan perundang-undangan. Dalam hal perhitungan kuantitas/potensi dalam kegiatan penyelidikan belum mempertimbangkan atau memenuhi persyaratan yang terdapat pada aspek kelayakan (faktor pengubah). Selain itu, berdasarkan data hasil pemetaan geologi permukaan, kondisi geologi pada daerah penyelidikan dianggap dalam kategori moderat dengan kriteria jarak titik pengamatan berkisar 500 meter $< x \leq 1.000$ meter.

Berdasarkan pertimbangan aspek-aspek tersebut di atas, maka kuantitas batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan termasuk dalam kategori sumber daya hipotetik. Perhitungan sumber daya hipotetik menggunakan jarak titik

pengamatan dari titik informasi terluar suatu lapisan mengikuti jurus dengan kedalaman hingga 50 meter.

Berdasarkan parameter-parameter di atas, perhitungan kuantitas batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal untuk masing-masing lapisan sebesar 3.649.105 ton dan termasuk dalam klasifikasi sumber daya hipotetik. Hasil perhitungan sumber daya minyak (bitumen padat/oil shale) berkisar 2.248.348,43 barrel s.d. 4.753.421,86 barrel dan sumber daya aspal berkisar 904.768,88 ton s.d. 905.444,99 ton. Tabulasi perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8. Tabulasi perhitungan kuantitas batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan

Nama Blok	Nama Lapisan	Dimensi Perhitungan			Densitas Batuan (ton/m ³)	Kuantitas Batuan yang Berpotensi Mengandung Bitumen Padat dan Aspal			Keterangan
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)		Per-Segmen (ton)	Per-Lapisan (ton)	Total (ton)	
1	HD-1	1000	100	2,00	2,18	436.000	436.000	3.649.105	Sumber Daya Hipotetik
	HD-2	1000	100	2,00	2,21	442.000	442.000		
	HD-3	500	100	4,70	1,86	437.100	1.974.300		
		1000	100	4,70	1,86	874.200			
		1000	100	2,00	2,21	442.000			
		500	100	2,00	2,21	221.000			
2	KMR-1	1000	123	2,50	2,20	676.115	676.115	120.690	
3	WKR-1	500	149	1,00	1,62	120.690	120.690		

Tabel 4.9. Tabulasi perhitungan Tabulasi perhitungan sumber daya minyak (bitumen padat) dan aspal

Nama Blok	Nama Lapisan	Sumber Daya Batuan (ton)	Kandungan Minyak (liter/ton)		Sumber Daya Minyak (barrel)		Kadar Aspal (%)		Sumber Daya Aspal (ton)	
			Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
1	HD-1	436.000	80	250	219.371,07	685.534,59	17,2	17,2	74.992,00	74.992,00
	HD-2	442.000	93	110	258.528,30	305.786,16	25,2	25,2	111.384,00	111.384,00
	HD-3	1.974.300	121	240	1.502.454,72	2.980.075,47	31,6	31,6	623.878,80	623.878,80
2	KMR-1	676.115	30	125	127.568,87	531.536,95	5,5	5,6	37.186,33	37.862,44
3	WKR-1	120.690	185	330	140.425,47	250.488,68	47,5	47,5	57.327,75	57.327,75
Total			30-330		2.248.348,43	4.753.421,86	5,50-47,50		904.768,88	905.444,99

PROSPEK PEMANFAATAN DAN PENGEMBANGAN

Penilaian prospek pemanfaatan dan pengembangan bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan dapat dilakukan berdasarkan beberapa aspek di antaranya keberadaan, parameter kualitas, dan kuantitas.

Berdasarkan lokasi keberadaan, batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal memiliki peranan penting dalam hal pemanfaatan dan pengembangan di daerah penyelidikan. Lokasi keberadaan batuan tersebut yang berada di luar batas Izin Usaha Pertambangan (IUP) aktif aspal yang telah ada memungkinkan untuk dapat diusulkan sebagai salah satu usulan Wilayah Pertambangan (WP) atau Wilayah Pencadangan Negara (WPN).

Berdasarkan parameter kualitas, batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan memiliki potensi kandungan minyak relatif baik dengan kandungan minyak mencapai 330 liter ton, sehingga pemanfaatannya dengan metode ekstraksi akan menghasilkan minyak yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi dalam rangka menunjang pemenuhan kebutuhan energi nasional. Selain potensi kandungan minyak, batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal di daerah penyelidikan memiliki potensi kandungan aspal relatif baik dengan kisaran 4,20% s.d. 47,50% yang dapat digunakan sebagai material atau

bahan substitusi penggunaan aspal minyak dalam rangka mendukung program pembangunan dan preservasi infrastruktur jalan nasional.

Berdasarkan aspek jumlah potensi serta kemenerusan, batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal yang relatif baik, maka kegiatan penyelidikan atau eksplorasi lanjutan dapat dilakukan untuk mengidentifikasi dan memvalidasi seluruh potensi di daerah tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Daerah penyelidikan umum termasuk dalam wilayah Anjungan Tukangbesi-Buton dengan formasi pembawa bitumen padat dan aspal adalah Formasi Tondo, Formasi Sampolakosa, dan Formasi Wapulaka.

Batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal yang ditemukan di daerah penyelidikan berada pada Formasi Tondo, Formasi Sampolakosa, dan Formasi Wapulaka yang terbagi dalam 3 (tiga) blok yaitu Blok 1, Blok 2, dan Blok 3.

Blok 1 berada di bagian barat daya daerah penyelidikan tepatnya di daerah Wakalambe dan sekitarnya. Keberadaan aspal ditemukan di Desa Hendea dan Desa Rongi, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan. Hasil pengamatan dan interpretasi, terdapat 3 (tiga) lapisan batuan (HD-1, HD-2, dan

HD-3) yang mengandung bitumen padat dan aspal dengan ketebalan berkisar > 2,00 meter s.d. 4,70 meter. Kandungan minyak (bitumen padat/*oil shale*) pada Blok 1 berkisar 80 liter/ton s.d. 250 liter ton. Aspal/asbuton pada Blok 1 termasuk jenis asbuton butir B 5/20 yang pemanfaatannya dapat menggunakan teknologi campuran panas untuk peruntukkan kelas lalu lintas jalan II dan III.

Blok 2 berada di bagian tenggara daerah penyelidikan tepatnya di daerah Lasalimu dan sekitarnya tepatnya di Desa Lasembangi dan Kelurahan Kamaru, Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton. Berdasarkan hasil pengamatan dan interpretasi, hanya terdapat 1 (satu) lapisan batuan (KMR-1) yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal dengan ketebalan berkisar 1,00 meter s.d. 2,70 meter. Kandungan minyak (bitumen padat/*oil shale*) Blok 2 berkisar 0 liter/ton s.d. 125 liter/ton. . Khusus untuk Blok 2, jenis asbutonnya tidak dapat dikategorikan mengingat kadar aspalnya relatif rendah berkisar 5,5% s.d. 5,6%.

Blok 3 berada di bagian utara daerah penyelidikan tepatnya di daerah Wakorumba dan sekitarnya. Keberadaan batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal ditemukan di Desa Bubu, Kecamatan Kambowa, Kabupaten Buton Utara. Berdasarkan hasil pengamatan dan interpretasi, terdapat 1 (satu) lapisan batuan (WKR-1)

yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal dengan ketebalan lapisan sekitar 1,00 meter. Kandungan minyak (bitumen padat/*oil shale*) Blok 3 berkisar 185 liter/ton s.d. 330 liter/ton. Aspal/asbuton pada Blok 3 termasuk jenis asbuton butir B 50/30 yang pemanfaatannya dapat menggunakan teknologi campuran panas, CPHMA, LPMA, dan *butur seal* untuk peruntukkan kelas lalu lintas jalan III, IV, dan V.

Kuantitas/potensi batuan yang berpotensi mengandung bitumen padat dan aspal di Pulau Buton sebesar 3.649.105 ton dan termasuk klasifikasi sumber daya hipotetik. Hasil perhitungan sumber daya minyak (bitumen padat/*oil shale*) berkisar 2.248.348,43 barrel s.d. 4.753.421,86 barrel dan sumber daya aspal berkisar 904.768,88 ton s.d. 905.444,99 ton.

Saran

Berdasarkan hasil kegiatan penyelidikan, Blok 1 memungkinkan untuk ditindaklanjuti ke tahapan eksplorasi selanjutnya mengingat pelamparan dan kemenerusan batuan yang mengandung bitumen padat dan aspal relatif baik. Namun, pertimbangan non teknis lainnya adalah morfologi perbukitan bergelombang perlu menjadi perhatian serta wilayah yang berdekatan dengan perkebunan milik masyarakat dan kawasan hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga prosiding ini dapat terselesaikan. Secara khusus pula, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Badan Geologi, Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara, Koordinator Kelompok Batubara, Koordinator Tim

Lapangan Kelompok Batubara, rekan-rekan di Kelompok Batubara dan Laboratorium, Bupati Kabupaten Buton beserta staf, Bupati Kabupaten Buton Selatan beserta staf, Bupati Kabupaten Buton Utara beserta staf, Kepala Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sulawesi Tenggara beserta staf, Camat dan Kepala Desa setempat beserta staf.

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.
- ASTM (1994): *Annual book of ASTM standards*, Construction. Philadelphia, PA.
- Asphalt Institue (1993): *Mix design methods for asphalt concrete and other hotmix types*, Manual series no, 6 (MS-6), Edisi keenam. Lexington, USA.
- Badan Informasi Geospasial (2018): Peta digital elevation model (DEM), diunduh tanggal 30 Desember 2021.
- Davidson (1991): The Geology and Prospectivity of Buton Island, South East Sulawesi, Indonesia, *Proceeding Indonesian Petroleum Association*, Twentieth Annual Convention.
- Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (2004): Kajian potensi bitumen padat/aspal buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung. Laporan tidak dipublikasikan.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 18 (2018): Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 18 Tahun 2018 tentang *Penggunaan Aspal Buton untuk Pembangunan dan Preservasi Jalan*. Jakarta.
- Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2016): *Modul 1 bahan campuran asbuton*. Bandung.
- Sidarto dan Bachri, S. ((2013): *Struktur geologi dalam buku Geologi Sulawesi*, LIPI press. Jakarta.
- 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.
- Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1978. *Petroleum formation and occurrence*: Springer, Berlin, 540 hal.
- Walters, C. (2007): The Origin of Petroleum, <https://www.researchgate.net/publication/22644166>, diunduh tanggal 10 Mei 2022.

PENYUSUNAN DATA DAN INFORMASI SUMBER DAYA GEOLOGI UNTUK PENGUSULAN WP BATUBARA

**Muhammad Arief Pinandita, Muhammad Abdurachman Ibrahim,
dan Eko Budi Cahyono**

Kelompok Kerja Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, bahwa Penetapan Wilayah Pertambangan (WP) terdiri atas : Wilayah Usaha Pertambangan (WUP), Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR), Wilayah Pencadangan Negara (WPN) dan Wilayah Usaha Pertambangan Khusus (WUPK). Penentuan WP menjadi beberapa kategori di atas memiliki beberapa kriteria, mencakup kriteria teknis yang dievaluasi berdasarkan kajian geologi. Kegiatan tim adalah mendukung pelaksanaan Penyiapan dan Penetapan WP menjadi kategori yang disebutkan dalam UU Nomor 3 Tahun 2020, dan mendukung penyiapan WIUP dan/atau WIUPK sesuai dengan PerMen ESDM No.7 tahun 2020.

Wilayah yang dievaluasi dan dapat diusulkan untuk penyiapan WP berasal dari wilayah hasil penyelidikan PSDMBP, wilayah hasil penciutan atau terminasi wilayah konsesi perusahaan tambang batubara dan wilayah yang diusulkan oleh Pemerintah Daerah.

Berdasarkan hasil evaluasi teknis penyiapan data dan informasi WP Batubara, didapatkan 10 blok prospek batubara, terdiri dari 8 blok prospek direkomendasikan sebagai Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP), dan 2 blok direkomendasikan sebagai Wilayah Pencadangan Negara (WPN). Wilayah yang direkomendasikan sebagai WIUP yaitu Blok Penda Siron Selatan di Provinsi Kalimantan Tengah, Blok Dukuh Rejo di Provinsi Kalimantan Selatan, Blok Aspal Hendea dan Blok Aspal Bubu di Provinsi Sulawesi Tenggara, Blok Long Ikis, Blok Pasir Belengkong dan Blok Batu Engau di Provinsi Kalimantan Timur dan Blok Tulin Onsoi di Provinsi Kalimantan Utara. Wilayah yang direkomendasikan sebagai WPN yaitu Penda Siron Utara dan Blok Kohon di Provinsi Kalimantan Tengah.

Kata kunci: Batubara, Wilayah Pertambangan, WP, WUP, WUPK, WPN, Prospek

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) ditetapkan oleh Pemerintah Pusat setelah ditentukan oleh Pemerintah Daerah Provinsi sesuai kewenangannya dan berkonsultasi dengan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. Penetapan WP terdiri atas :

- a. Wilayah Usaha Pertambangan (WUP)
- b. Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR)
- c. Wilayah Pencadangan Negara (WPN)
- d. Wilayah Usaha Pertambangan Khusus (WUPK)

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

Penyiapan rekomendasi berkaitan juga dengan tugas dan fungsi PSDMBP diantaranya melakukan evaluasi di bidang sumber daya batubara dan memberikan pertimbangan rekomendasi teknis untuk Wilayah Pertambangan batubara sesuai dengan PerMen ESDM No. 15 tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Kegiatan ini dilaksanakan untuk mendelineasi wilayah prospek batubara dalam upaya mendapatkan usulan wilayah-wilayah prospek batubara di Indonesia berdasarkan pengolahan data sekunder dengan menggunakan kriteria-kriteria

umum yang digunakan pada penentuan wilayah keprospek batubara. Usulan wilayah prospek batubara ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis dalam usulan penyiapan WP batubara. Sedangkan tujuan dari pelaksanaan kegiatan ini yaitu tersedianya usulan wilayah-wilayah prospek batubara berdasarkan pengolahan data sekunder.

METODOLOGI

Kegiatan penyiapan usulan WP Batubara pada tahun 2022 ini 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. Kegiatan Penyiapan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Keprospekkan dilaksanakan untuk Penyiapan dan Penetapan WP menjadi kategori yang disebutkan dalam UU Nomor 3 Tahun 2020. Kegiatan tim diawali dengan persiapan dan dilanjutkan dengan inventarisasi data sekunder berupa laporan kegiatan penyelidikan batubara, baik hasil penyelidikan pemerintah maupun hasil eksplorasi badan usaha. Data tersebut kemudian dipilah berdasarkan kategori datanya dan kemudian diolah dalam

Sistem Informasi Geografis (SIG). Evaluasi teknis kemudian dilakukan terhadap data yang sudah dipilah dengan berpedoman pada Peraturan Pemerintah No.8 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara dan Peraturan Menteri ESDM No. 7 Tahun 2020 tentang Tata Cara Pemberian Wilayah, Perizinan dan Pelaporan pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Dalam hal penyiapan WP untuk kategori WUP atau WUPK, merujuk kepada Peraturan Menteri ESDM No. 7 Tahun 2020 Pasal 5 ayat (2) dan Pasal 6 mengenai Penyiapan WIUP dan WIUPK, dimana wilayah kandidat yang dievaluasi untuk penyiapan WIUP berdasarkan data dan informasi yang berasal dari:

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

Sementara wilayah kandidat yang dievaluasi untuk penyiapan WIUPK berdasarkan data dan informasi yang berasal dari:

- WPN yang sudah berubah statusnya menjadi WUPK;

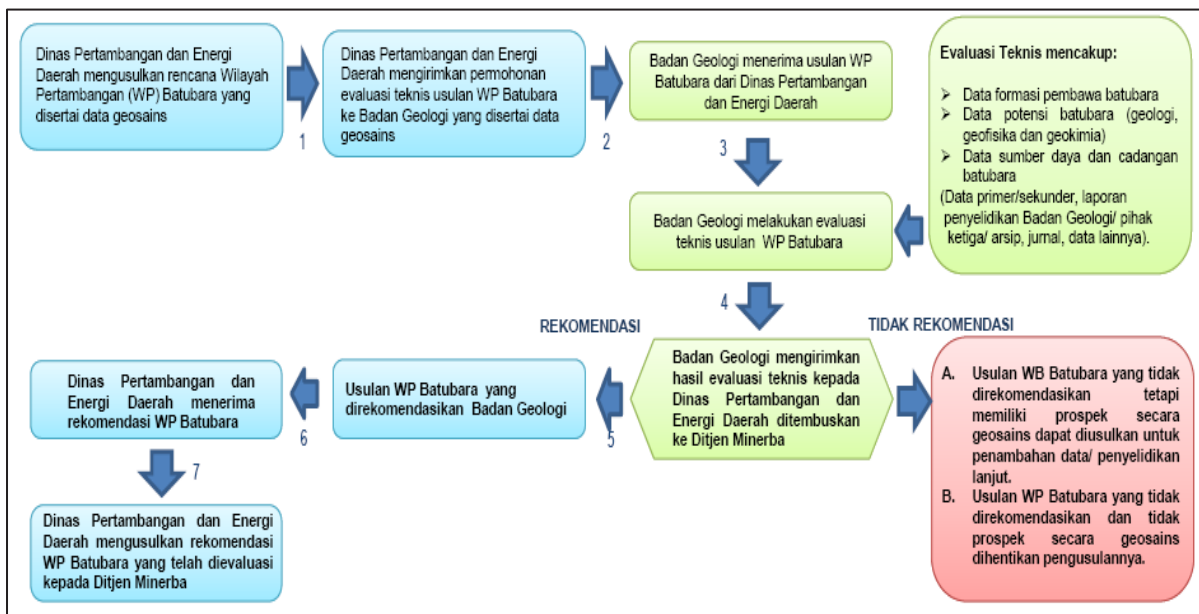
- Hasil evaluasi terhadap WIUP yang IUP-nya telah berakhir;
 - Hasil evaluasi terhadap WIUPK yang IUPK-nya telah berakhir;
 - Hasil evaluasi terhadap wilayah PKP2B yang perjanjiannya telah berakhir atau diterminasi; dan/atau
- Hasil evaluasi terhadap WIUP, WIUPK, wilayah PKP2B yang dikembalikan atau ditiadakan oleh pemegang IUP, pemegang IUPK, atau pemegang PKP2B.

Penetapan WP dengan kategori WUP yang ditindaklanjuti untuk disiapkan menjadi WIUP atau WUPK yang dapat ditindaklanjuti menjadi WIUPK, dapat dilakukan dengan dua skema proses usulan rekomendasi yang berlaku baik untuk mineral ataupun batubara. Pada skema pertama (Gambar 1) usulan wilayah berasal dari Pemerintah Daerah, dalam hal ini Pemerintah Daerah telah memiliki data geosains dari kandidat wilayah Batubara. Pemerintah Daerah (Dinas Pertambangan dan Energi) kemudian mengirimkan permohonan bantuan evaluasi teknis kepada Badan Geologi (dalam hal ini PSDMBP) dengan menyertakan kelengkapan berupa data geosains. PSDMBP kemudian melakukan evaluasi teknis terhadap data tersebut. Pada skema kedua (Gambar 2) usulan wilayah dalam hal ini untuk kategori WUP atau WUPK berasal dari Ditjen Minerba yang kemudian secara teknis dievaluasi oleh PSDMBP. Usulan dari eks badan usaha merupakan kategori WUPK Batubara dapat berasal

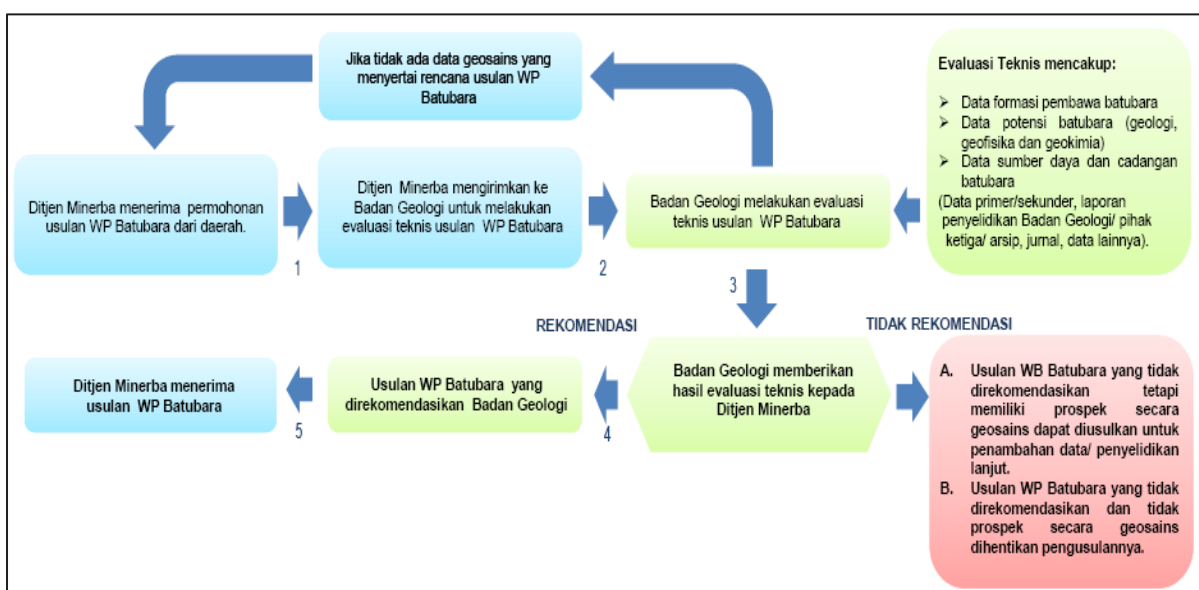
dari wilayah penciptaan atau wilayah yang diterminasi. Hasil evaluasi teknis diserahkan kembali ke Ditjen Minerba untuk ditindaklanjuti dengan proses lelang.

Evaluasi yang dilakukan oleh PSDMBP menitikberatkan pada aspek geosains dari setiap kandidat WP batubara. Parameter yang dianalisis antara lain

formasi pembawa batubara, data potensi batubara (singkapan ataupun hasil pengeboran), data sumber daya dan cadangan batubara, serta data lainnya seperti data penyelidikan terdahulu. Informasi tata guna lahan dan RTRW juga turut dievaluasi.



Gambar 1. Proses rekomendasi WP Batubara dari evaluasi permintaan Pemerintah Daerah



Gambar 2. Proses rekomendasi WP Batubara dari Ditjen Minerba

INVENTARISIR WILAYAH POTENSI

Petunjuk teknis dalam melakukan delineasi usulan wilayah keprospekan batubara didasarkan pada Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang 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. Kriteria umum yang dirangkum dari peraturan/perundang-undangan di atas digunakan untuk menentukan rekomendasi usulan WP/WPK batubara 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 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.

Penyiapan wilayah kandidat WP Batubara dipilih dari beberapa sumber, yaitu hasil penelitian PSDMBP, permohonan bantuan evaluasi dari Ditjen Minerba dan usulan pemerintah daerah (Pemda). Selain kegiatan hasil

penyelidikan PSDMBP, dalam kegiatan evaluasi ini belum dilakukan *due diligent/field check* untuk memverifikasi data yang tersedia dari usulan Pemda dan Ditjen Minerba, Daftar usulan kandidat WP Batubara disajikan dalam (Tabel 1), sedangkan lokasi setiap wilayah usulan ditunjukkan pada (Gambar 3).

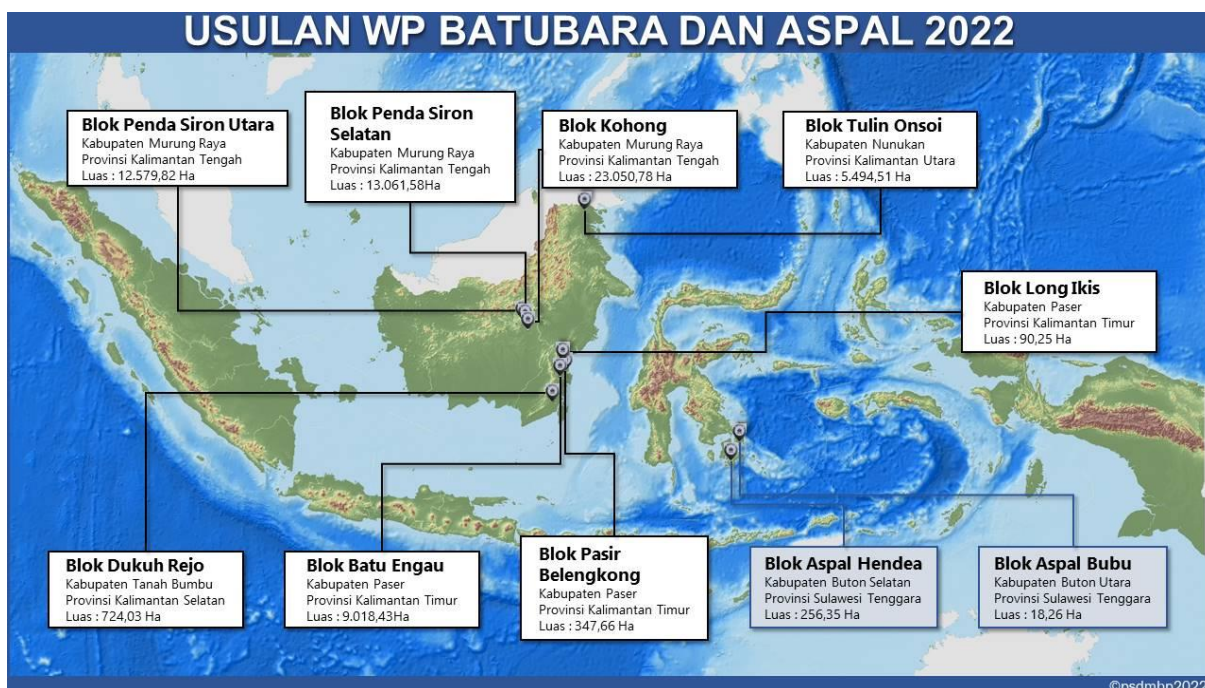
Penyelidikan PSDMBP 2022 yang dievaluasi dalam kegiatan ini adalah Penyelidikan Batubara Tahap Survei Tinjau di Daerah Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah menghasilkan tiga wilayah prospek batubara, yaitu Blok Penda Siron Utara, Blok Penda Siron Selatan dan Blok Kohong. Penyelidikan Batubara dan Gas Metana Batubara Daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan menghasilkan satu wilayah prospek yaitu Blok Dukuh Rejo. Penyelidikan Aspal di Kabupaten Buton Selatan dan Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahap Survei Tinjau menghasilkan dua wilayah prospek yaitu Blok Aspal Hendea dan Blok Aspal Bubu. Penyelidikan Batubara di Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur pada tahap Survei Tinjau menghasilkan tiga wilayah prospek yaitu Blok Long Ikis, Blok Pasir Belengkong dan Blok Batu Engau. Pada kegiatan tahun ini, terdapat total 9 blok hasil dari penyelidikan PSDMBP yang dievaluasi untuk penyiapan WP dan dalam hal ini 7 diantaranya direkomendasikan untuk ditindaklanjuti sebagai WIUP

sedangkan 2 blok yaitu Blok Penda Siron Utara dan Blok Kohong direkomendasikan sebagai WPN. Pada kegiatan tahun ini, terdapat satu blok prospek yang

merupakan wilayah usulan pemerintah daerah yaitu Blok Tulin Onsoi, Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara.

Tabel 1. Usulan Kandidat WP Batubara Tahun 2022

No	Usulan WIUP Batubara	Luas (Ha)
1	Blok Penda Siron Utara, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah (PSDMBP)	12.589,82
2	Blok Penda Siron Selatan, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah (PSDMBP)	13.061,58
3	Blok Kohong, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah (PSDMBP)	23.050,78
4	Blok Dukuh Rejo, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan (PSDMBP)	724,03
5	Blok Aspal Hendea, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (PSDMBP)	256,35
6	Blok Aspal Bubu, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara (PSDMBP)	18,26
7	Blok Long Ikis, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur (PSDMBP)	90,25
8	Blok Pasir Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur (PSDMBP)	347,66
9	Blok Batu Engau, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur (PSDMBP)	9.018,43
10	Blok Tulin Onsoi, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara (Pemda)	5.500



Gambar 3. Peta Usulan Kandidat WP/WPK Batubara Tahun 2022

Blok Penda Siron Utara

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok ini berada di Desa Penda Siron, Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Batubara ditemukan pada Batu Ayau (Tea), berumur Eosen Akhir. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,2 – 4 meter. Kegiatan eksplorasi dalam tahapan penyelidikan umum. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori berkisar antara 4.671 – 7003 kal/gr (adb). Peringkat batubara adalah *high volatiule bituminous – low volatile bituminous*. Wilayah Blok Penda Siron Utara direkomendasikan sebagai Wilayah Pencadangan Negara (WPN) dengan pertimbangan bahwa sebagian wilayahnya masuk kedalam tata guna lahan Kawasan Hutan Lindung.

Blok Penda Siron Selatan

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok ini berada di Desa Penda Siron, Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Batubara ditemukan pada Batu Ayau (Tea), berumur Eosen Akhir. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,1 – 1 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori berkisar antara 7.324 – 7.550 kal/gr (adb). Peringkat batubara adalah *high volatiule bituminous –*

medium volatile bituminous. Terdapat dua lapisan batubara utama pada wilayah evaluasi dimana diketahui indikasi batubara metalurgi berdasarkan nilai *Free Swelling Index* (FSI) pada lapisan batubara sebesar 9 dan 1. Berdasarkan hasil plotting nilai parameter batubara metalurgi, lapisan batubara masuk kedalam kategori *Hard Coking Coal* dan lapisan lainnya adalah *High Volatile PCI Coal*. Wilayah Blok Penda Siron Selatan direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Kohong

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok ini berada di Desa Kohong, Kecamatan Barito Tuhup Raya, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Batubara ditemukan pada Batu Ayau (Tea), berumur Eosen Akhir. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,3 – 1,4 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori berkisar antara 4.188 – 6.235 kal/gr (adb). Peringkat batubara adalah *high volatiule bituminous – medium volatile bituminous*. Wilayah Blok Kohong direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Dukuh Rejo

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok ini berada di Desa Dukuh Rejo,

Kecamatan Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Batubara ditemukan pada Formasi Tanjung (Tet) berumur Eosen. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,13 – 2,02 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori berkisar antara 5.426 – 7.193 kal/gr (adb). Peringkat batubara adalah *sub-bituminous*. Wilayah Blok Dukuh Rejo direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Aspal Hendea

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok Aspal Hendea terletak di Desa Hendea, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Formasi pembawa aspal blok usulan adalah Formasi Sampolakosa (Tmps) berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Awal dan Formasi Wapulaka (Qpw) berumur Plistosen. Lapisan batuan yang mengandung aspal memiliki ketebalan berkisar dari 2,50 s.d 4,70 meter. Berdasarkan hasil analisis ekstraksi dan kadar aspal menunjukkan bahwa persentase kadar aspal sebesar 31,6%, kadar air 6,50%, penetrasi aspal 4,00 dmm, titik lembek aspal 70,70°C, daktilitas aspal 0,50 cm/menit, dan berat jenis aspal 1,102 g/cc. Hasil analisis kadar aspal dan penetrasi mengindikasikan bahwa aspal Buton (asbuton) pada blok usulan termasuk jenis B 5/20 (penetrasi aspal sekitar 5 dmm (<10 dmm) dan

kandungan aspal sekitar 20% (18% s.d. 23%) yang dapat dimanfaatkan dengan jenis teknologi campuran panas pada kelas lalu lintas jalan II dan III. Wilayah Blok Aspal Hendea direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Aspal Bubu

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2022. Blok ini berada di Desa Bubu, Kecamatan Kambowa, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Formasi pembawa aspal blok usulan adalah Formasi Sampolakosa (Tmps) berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Awal. Lapisan batuan yang mengandung aspal memiliki ketebalan sekitar 1,00 meter. Berdasarkan hasil analisis ekstraksi dan kadar aspal menunjukkan bahwa persentase kadar aspal sebesar 47,50%, kadar air 21,80%, penetrasi aspal 56,00 dmm, titik lembek aspal 50,40°C, daktilitas aspal >140 cm/menit, dan berat jenis aspal 1,046 g/cc. Hasil analisis kadar aspal dan penetrasi mengindikasikan bahwa aspal Buton (asbuton) pada blok usulan termasuk jenis B 50/30 (penetrasi aspal sekitar 50 dmm (40 dmm s.d. 50 dmm) dan kandungan aspal sekitar 30% (20% s.d. 35%) yang dapat dimanfaatkan dengan jenis teknologi campuran panas, CPMA, LPMA, dan *butur seal* pada kelas lalu lintas jalan III, IV, dan V. Wilayah Blok Aspal Bubu direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Long Ikis

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2021. Wilayah rekomendasi berada di Desa Tajur, Kecamatan Long Ikis, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Batubara ditemukan pada Formasi Pulubalang (Tmpb) berumur Miosen Tengah. Ketebalan batubara pada wilayah rekomendasi adalah 1 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori sebesar 6.186 kal/gr (adb). Wilayah Blok Long Ikis direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Pasir Belengkong

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2021. Blok ini berada di Desa Laburan, Kecamatan Pasir Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Batubara ditemukan pada Formasi Balikpapan Ketebalan batubara pada wilayah rekomendasi adalah 1 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori sebesar 4.643 – 4.754 kal/gr (adb). Wilayah Blok Pasir Belengkong direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Batu Engau

Wilayah rekomendasi berasal dari hasil kegiatan penyelidikan PSDMBP tahun 2021. Blok ini berada di Desa Mengkudu, Desa Tempakan dan Desa Kerang, yang berada di Kecamatan Batu Engau,

Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Batubara ditemukan pada Formasi Pamaluan (Tomp) berumur Oligosen. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,35 – 2,48 meter. Wilayah Blok Batu Engau direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Blok Tulin Onsoi

Wilayah rekomendasi berasal dari usulan Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Utara dan telah dilakukan evaluasi oleh PSDMBP. Blok ini berada di Kecamatan Tulin Onsoi, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara Batubara ditemukan pada Formasi Naintopo (Tomn) berumur Oligosen dan Formasi Meliat (Tmm) berumur Miosen. Ketebalan batubara bervariasi antara 0,1 – 0,6 meter. Batubara pada wilayah rekomendasi memiliki nilai kalori sebesar 6.421 – 7.628 kal/gr (adb). Wilayah Blok Tulin Onsoi direkomendasikan sebagai Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi, terdapat 10 blok prospek batubara yang dapat direkomendasikan untuk kategori Wilayah Pertambangan, dimana dua blok yaitu Blok Penda Siron Utara dan Blok Kohong direkomendasikan masuk kedalam kategori Wilayah Pencadangan Negara (WPN) dan delapan blok lainnya masuk kedalam kategori Wilayah Usaha Pertambangan (WUP).

Saran untuk kegiatan evaluasi penyiapan data dan informasi sumber daya geologi untuk penyiapan WP batubara pada tahun berikutnya yaitu perlu pembuatan parameter evaluasi yang menetapkan kriteria minimum suatu wilayah dapat direkomendasikan menjadi WP batubara berikut syarat minimal kelengkapan data yang dibutuhkan untuk

usulan tersebut. Parameter evaluasi dapat disepakati bersama oleh Pemerintah Daerah, Ditjen Minerba dan Badan Geologi. Untuk wilayah dengan data yang belum terverifikasi atau belum memiliki data sumber daya, diperlukan *due diligent* atau verifikasi lapangan di wilayah yang diusulkan untuk menambah tingkat keyakinan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2022. *Laporan Penyelidikan Umum Bitumen Padat dan Aspal Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung. Tidak dipublikasikan
- Dinas Energi Dan Sumberdaya Mineral Provinsi Kalimantan Utara, 2011, Resume Kondisi Geologi Endapan Batubara Usulan Penetapan Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) Batubara di Daerah Sungai Apan Provinsi Kalimantan Utara dari Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Provinsi Kalimantan Utara.
- Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2018 tentang Perubahan Kelima Atas Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan.
- 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
- Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral No. 15 tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Pinandita, M.A., Rukhimat, S., Rustandi, U., Darsita, U., Wibowo, D.A., 2022: *Penyelidikan Umum Batubara Daerah Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah*, PSDMBP, Bandung.
- Rahmat, S.,B., Tobing, R.L., Rustandi, U., Ramdhani, M.R., Siregar, H.E.A., Sina, I., Susana, N., Purwanto., 2022. *Laporan Prospeksi Batubara dengan Metode Geologi dan Geofisika Daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan*, PSDMBP, Bandung

- Suhada, D.I., Ulfa, R.M., Simatupang, D.P., dan Handayani, T., 2021. Laporan Akhir Survey Tinjau Batubara Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Badan Geologi, Bandung.
- Tim Penyiapan Data dan Informasi, 2022, Laporan Penyusunan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Pertambangan Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung
- Undang-Undang No. 3 Tahun 2020 tentang tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

**PENYUSUNAN DATA DAN INFORMASI
SUMBER DAYA GEOLOGI UNTUK PENGUSULAN
WILAYAH KERJA GAS METANA BATUBARA (WK GMB)**

**Muhammad Arief Pinandita, Fatimah, Muhammad Abdurrachman Ibrahim,
dan Eko Budi Cahyono**

Kelompok Batubara Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Dalam rangka mempersiapkan rekomendasi Wilayah Kerja Gas Metana Batubara (WK GMB), Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) pada tahun 2022 telah melaksanakan kegiatan Penyiapan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan WK GMB. Gas Metana Batubara (GMB) merupakan salah satu sumber daya alam strategis yang berpotensi sebagai pemasok kebutuhan energi nasional, sehingga dalam rangka diversifikasi energi, GMB perlu dikembangkan secara optimal.

Wilayah yang dievaluasi dan dapat diusulkan menjadi WK GMB dapat berasal dari hasil penyelidikan PSDMBP ataupun usulan wilayah dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas (Ditjen Migas). Beberapa kriteria yang digunakan dalam evaluasi teknis adalah keberadaan formasi pembawa batubara, jurus dan kemiringan lapisan batubara, kedalaman lapisan batubara, ketebalan batubara, dan peringkat batubara.

Berdasarkan hasil evaluasi, wilayah yang diusulkan menjadi WK GMB (Wilayah Kerja Gas Metana Batubara) adalah WK GMB Blok Batulicin di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Wilayah usulan, dilengkapi dengan data batubara yang diperoleh dari singkapan (*outcrop*) dan bor dangkal, data analisis kualitas batubara, meliputi analisis proksimat, ultimat dan petrografi organik, data geofisika berupa survei seismik dan data analisis *adsorption isotherm*. Total sumberdaya batubara sebesar 914,5 juta ton dengan *Gas-in-place* sebesar 53,5 Bcf.

Kata kunci: Batubara, Gas Metana Batubara, GMB, WK GMB, Prospek, Potensi,

PENDAHULUAN

Gas Metana Batubara (GMB) merupakan salah satu sumber daya alam strategis yang memiliki potensi untuk memasok kebutuhan energi nasional, sehingga dalam rangka diversifikasi

energi, GMB perlu dikembangkan secara optimal.

Dalam rangka mempersiapkan rekomendasi Wilayah Kerja Gas Metana Batubara (WK GMB), Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

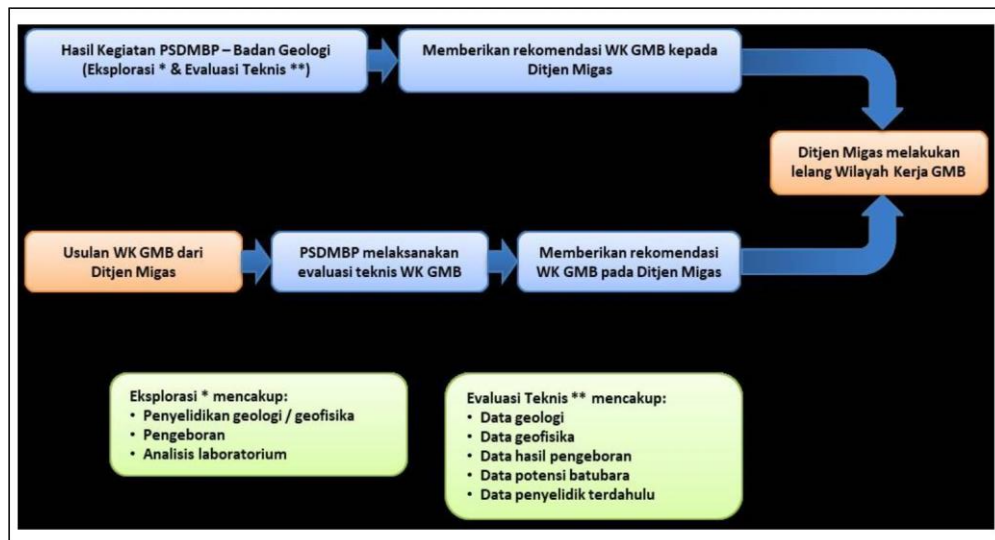
melaksanakan kegiatan Penyiapan Data dan Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Kerja Gas Metana Batubara (WK GMB). Maksud dari kegiatan ini adalah melakukan evaluasi teknis wilayah potensi gas metana batubara di Indonesia dengan tujuan untuk rekomendasi wilayah usulan WK GMB. Wilayah yang dievaluasi dapat berasal dari hasil penyelidikan PSDMBP, usulan wilayah dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi dan/atau WK GMB yang berstatus terminasi. Untuk evaluasi tahun ini, wilayah yang dipilih adalah hasil dari kegiatan PSDMBP tahun 2022 (Rahmat, S.B, dkk., 2022)

METODOLOGI

Kegiatan penyiapan rekomendasi WK GMB pada tahun 2022 ini merujuk kepada Peraturan Menteri ESDM Nomor 35 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penetapan dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi. Menurut PerMen ESDM tersebut, 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) dimana gas metana merupakan komponen utamanya yang terjadi secara alamiah dalam proses pembentukan batubara

(*coalification*) dalam kondisi terperangkap dan terserap (teradsorpsi) di dalam batubara dan/atau lapisan batubara. Berdasarkan peraturan di atas, Gas Metana Batubara merupakan salah satu jenis dari Minyak dan Gas Bumi Non Konvensional. Penyiapan WK GMB dapat dilakukan di Wilayah Terbuka dengan ketentuan luas diatur dalam Peraturan Menteri ESDM tersebut.

Rekomendasi kandidat WK GMB dapat berasal dari hasil penyelidikan PSDMBP ataupun usulan wilayah dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (Ditjen Migas) seperti yang dapat dilihat pada (Gambar 2.1). Pada skema pertama, PSDMBP melakukan evaluasi teknis terhadap hasil penyelidikan/eksplorasi PSDMBP sebelumnya. Apabila hasil evaluasi menunjukkan daerah tersebut layak direkomendasikan untuk menjadi WK GMB, maka data hasil evaluasi dikirimkan ke Ditjen Migas untuk kemudian ditindaklanjuti dengan proses lelang. Untuk skema kedua, Ditjen Migas sendiri memiliki kandidat WK GMB yang kemudian secara teknis dievaluasi oleh PSDMBP. Hasil evaluasi teknis ini selanjutnya diserahkan kembali ke Ditjen Migas, apabila wilayah tersebut dianggap memenuhi syarat untuk menjadi WK GMB, maka akan ditindaklanjuti dengan proses lelang.



Gambar 1. Proses rekomendasi Wilayah Kerja Gas Metana Batubara

INVENTARISIR WILAYAH POTENSI

Parameter untuk pemilihan wilayah yang diusulkan sebagai WK GMB belum mempunyai acuan yang baku, sehingga secara umum, evaluasi teknis dilakukan pada cekungan – cekungan sedimen yang sudah terbukti memiliki endapan batubara dengan sumberdaya dan cadangan yang signifikan.

Setelah mendapatkan wilayah yang memiliki indikasi potensi GMB, evaluasi teknis dilanjutkan dengan menggugurkan beberapa kriteria sebagai pertimbangan besaran potensi yang terdapat pada wilayah usulan. Beberapa kriteria yang digunakan dalam rangka penyiapan data untuk usulan WK GMB adalah:

1. Memiliki formasi pembawa batubara yang berpotensi untuk wilayah GMB.
2. Jurus dan kemiringan batubara serta struktur geologi di daerah usulan.

3. Kedalaman lapisan batubara di atas 100 meter.
4. Ketebalan minimal lapisan batubara 1 meter.
5. Peringkat batubara minimal sub-bituminous.

Usulan wilayah rekomendasi gas metana batubara Blok Batulicin berada di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas wilayah 6.561,63 Ha. (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Usulan Kandidat WK GMB Tahun 2022

Pemilihan daerah ini berdasarkan hasil evaluasi geologi, geofisika, dan data batubara sebagai *reservoir* di wilayah

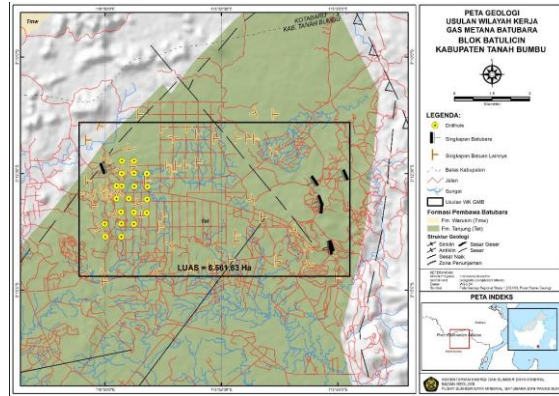
evaluasi. Sumber data berasal dari laporan kegiatan Prospeksi Batubara dengan Metode Terpadu Geologi dan Geofisika di Daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan yang dilakukan Tim Prospeksi PSDMBP Tahun 2022.

HASIL EVALUASI

Lokasi usulan WK GMB yang dievaluasi berada di daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Wilayah usulan WK GMB berada di Cekungan Barito.

Pada wilayah evaluasi (Gambar. 3) dijumpai dua Formasi Geologi yaitu Formasi Tanjung berumur Eosen (sebagai formasi pembawa batubara) dan Formasi Bera berumur Oligosen hingga Miosen Awal. Secara umum Formasi Tanjung ini terdiri atas batupasir halus hingga kasar, *mudstone*, batulanau dan beberapa lapisan karbonan serta lapisan batubara di dalamnya. Ketebalan lapisan batubara dan karbonan ini sangat bervariasi tergantung dari kondisi geologi setempat.

Wilayah usulan dilengkapi dengan data geologi berupa data batubara permukaan dari hasil pengamatan singkapan (outcrop) dan data bor. Selain itu, dilengkapi juga dengan data geofisika berupa data seismik dengan total panjang lintasan seismik sebesar 7,5 km yang terbagi menjadi 3 lintasan, yaitu Lintasan-1 sepanjang 3 km, Lintasan-2 sepanjang 3,5 km dan Lintasan-3 sepanjang 1 km.



Gambar 3. Peta Geologi Usulan Kandidat WK GMB Tahun 2022

Terdapat 7 (tujuh) singkapan batubara yang dijumpai di daerah evaluasi. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, lapisan batubara dari Formasi Tanjung secara megaskopis mempunyai warna hitam kecoklatan hingga hitam, kilap agak terang hingga terang, tidak mengotori tangan, gores-garis hitam, keras, *brittle*, belahan konkoidal, *cleat* terlihat jelas. Arah penyebarannya relatif Utara – Selatan mengikuti *strike* yang ada dengan kemiringan di bawah 20°, beberapa bahkan di bawah 10°. Hasil korelasi menunjukkan paling tidak terdapat 5 (lima) lapisan (*seam*) batubara dengan ketebalan yang bervariasi mulai dari 0,5 m hingga lebih dari 2 m. Berdasarkan data pemboran yang dilakukan oleh NEDO (2008), batubara ditemukan pada kedalaman lebih dari 50 m di bawah permukaan tanah. Sebaran batubara dikorelasikan ke arah jurus (*strike*) dan ke arah kemiringan (*dip*) dari perlapisan. Hasil korelasi menunjukkan bahwa di daerah evaluasi sedikitnya terdapat 5

seam batubara dengan ketebalan berkisar antara 0,2 m hingga 3,5 m. *Seam* yang memiliki ketebalan di atas 1 m adalah *Seam* B, C, D dan E. *Seam* B, D dan E memiliki variasi yang ketebalan yang cukup tinggi (Tabel. 1).

Tabel 1. Variasi ketebalan perlapisan batubara di daerah evaluasi

<i>Seam</i>	Min (m)	Max (m)
A	0,13	0,24
B	1,1	3,15
C	0,16	1,98
D	0,7	3,58
E	0,52	2,02

Evaluasi rekomendasi Blok Batulicin dilengkapi dengan data adsorption isotherm. Data adsorption isotherm digunakan untuk keperluan penghitungan *Gas In Place* (GIP). Kandungan gas pada batubara kemudian dihitung dengan asumsi tekanan antara 255 dan 540 psi pada kedalaman 100 hingga 400 meter. Nilai kandungan gas dalam lapisan batubara pada tekanan tersebut berkisar antara 80 scf/ton dan 150 scf/ton (*as analyzed*).

Data kualitas batubara diketahui dari hasil analisis laboratorium yang dilakukan pada 10 sampel batubara. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batubara di daerah evaluasi memiliki nilai rata-rata random *vitrinite reflectance* berkisar antara 0,45% hingga 0,50% dan termasuk ke dalam peringkat *subbituminous* (Kim, 2010; Mastalerz et

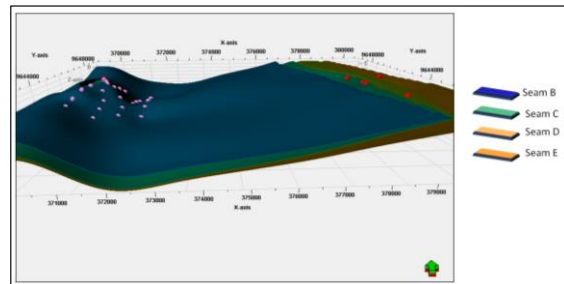
al., 2010). Hasil uji proksimat menunjukkan bahwa kadar air pada batubara di daerah evaluasi berkisar antara 2,86% hingga 4,49% (adb). Sementara nilai kadar zat terbang (*volatile matter*) berkisar antara 38,21% hingga 46,92% (adb). Kadar abu berkisar antara 6,73% hingga 25,20% (adb). Untuk kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) pada batubara di daerah evaluasi, kisarannya antara 33,29% hingga 44,80% (adb). Sementara untuk nilai kalorinya, batubara di daerah evaluasi memiliki kisaran nilai kalori antara 5462 – 7193 kal/gr (adb) atau 7000 – 7480 cal/gr (daf). Nilai kalori ini kemudian dikonversikan ke dalam basis *dry mineral matter free* (dmmf) dan selanjutnya dikelompokkan ke dalam klasifikasi batubara dari *American Society of Testing Materials* (ASTM). Hasilnya menunjukkan bahwa batubara di daerah evaluasi termasuk ke dalam kelas *High Volatile B Bituminous Coal*. Hasil analisis *ultimate* menunjukkan kandungan karbon berkisar antara 76% - 80% (daf), nitrogen 1,6% - 1,8% (daf), hidrogen 6,0% 6,9% (daf) dan oksigen 10,6% - 14,5 (daf). Nilai oksigen, karbon dan hidrogen dapat dipakai untuk mengetahui peringkat dari batubara dengan melakukan perhitungan rasio antara oksigen dengan karbon (O/C) dan hydrogen dengan karbon (H/C). Berdasarkan hasil *plotting* O/C terhadap H/C pada diagram van Krevellen diadopsi dari Levine (1993) maka batubara di

daerah evaluasi termasuk ke dalam peringkat *subbituminous*.

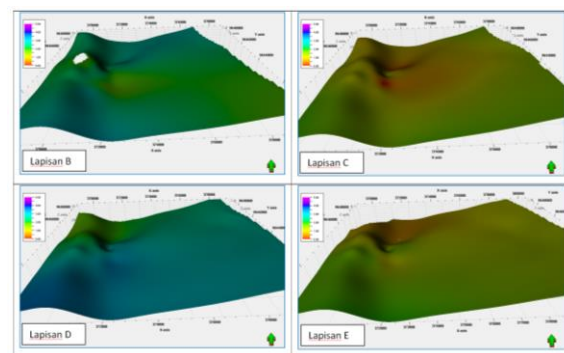
Estimasi sumberdaya GMB dilakukan dengan melakukan pemodelan bawah permukaan daerah usulan. Pembuatan peta struktur bawah permukaan untuk lapisan (*seam*) yang dianggap memiliki potensi. Pemilihan lapisan dilakukan dengan menggunakan minimal ketebalan lebih dari 1 meter. Berdasarkan kriteria tersebut, pemodelan geologi bawah permukaan hanya dilakukan pada Lapisan B, Lapisan C, Lapisan D dan Lapisan E. Hasil pemodelan lapisan batubara bawah permukaan dapat dilihat pada (Gambar. 4).

Pemodelan batubara dibuat dalam bentuk tampilan 3D untuk memudahkan interpretasi konfigurasi batubara bawah permukaan. Pemodelan 3D dilakukan terhadap keempat lapisan potensi. Setelah dibuat pemodelan 3D, proses dilanjutkan dengan *input* unsur *property* dalam model 3D yang sudah ada. *Property* yang dimasukkan pada model 3D adalah ketebalan (Gambar. 5), volume (Gambar. 6) dan kandungan gas (*gas content*) (Gambar. 7) dari tiap lapisan batubara. Pemodelan 3D dilanjutkan dengan *input property* berupa hasil kalkulasi kandungan gas pada reservoir atau yang disebut *Gas In Place* (GIP) dari empat lapisan batubara tersebut (Gambar. 8).

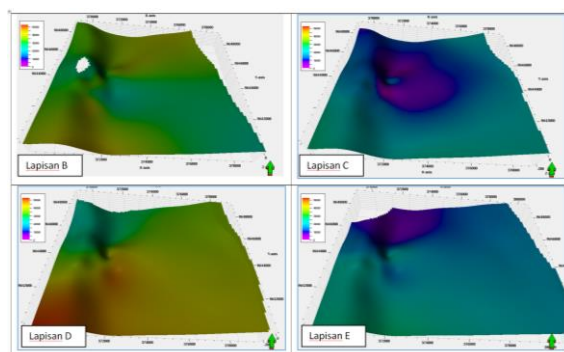
Estimasi *Gas In Place* (GIP) dilakukan dengan melakukan perhitungan volume lapisan batubara dan kandungan gas (*Gas Content*) yang didapatkan dari analisis adsorption (Tabel. 2).



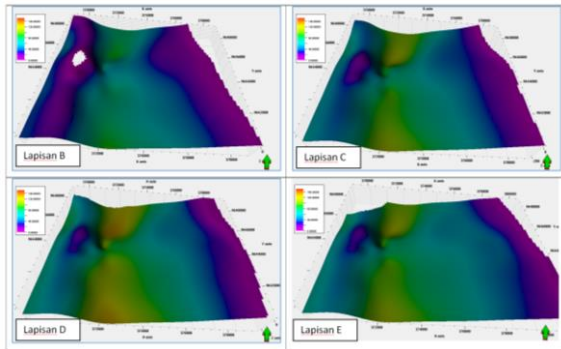
Gambar 4. Pemodelan 3D lapisan batubara bawah permukaan



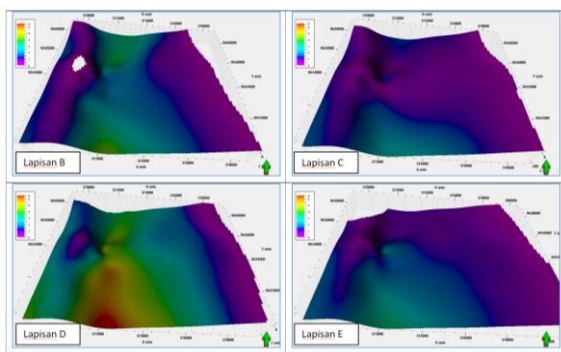
Gambar 5. Model 3D ketebalan (meter) lapisan batubara daerah evaluasi



Gambar 6. Model 3D volume (ton) lapisan batubara daerah evaluasi



Gambar 7. Model 3D Gas Content (scf/ton) lapisan batubara daerah evaluasi



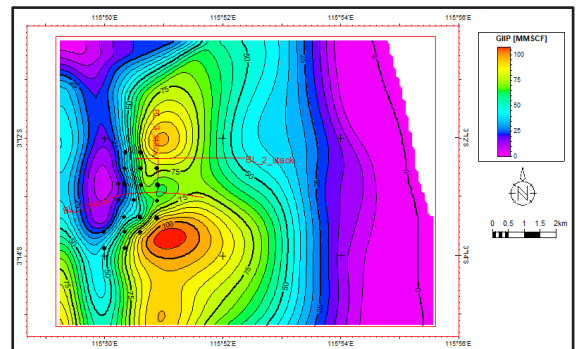
Gambar 8. Model 3D Gas In Place (MMSCF) dari tiap lapisan batubara daerah evaluasi

Tabel 2. Estimasi Gas In Place (GIP) pada lapisan batubara daerah evaluasi

SEAM	Area	Thickness	Volume	Density avg.	Berat coal	Gas content	GIP
	m ²	m	m ³	gr/cc	ton	scf/ton	BCF
B	108,247,660	1.56 - 3.24	189,474,838	1.43	270,949,018	14 - 91	11.729
C	108,247,660	0 - 1.92	90,580,025	1.43	129,529,436	14 - 117	7.232
D	108,247,660	1.37 - 3.68	243,336,088	1.43	347,970,606	14 - 135	24.165
E	108,247,660	0.2 - 1.98	116,152,905	1.43	166,098,654	16 - 118	10.466
TOTAL	108,247,660	0 - 3.68	639,543,856	1.43	914,547,714	14 - 174	53.592

Proses evaluasi dilanjutkan dengan mencari daerah prospek (*sweetspot area*). Metode yang dilakukan adalah dengan membuat peta densitas sumberdaya pada daerah usulan. Peta Densitas Sumberdaya CBM adalah kerapatan / kepadatan kandungan GMB

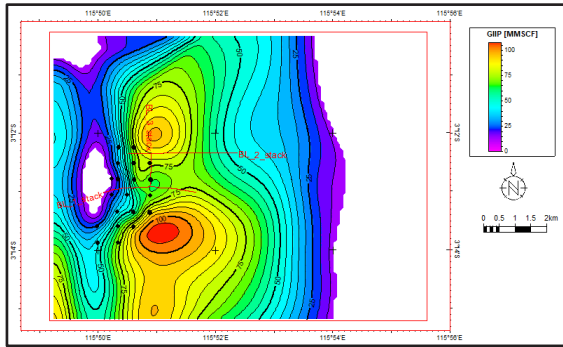
pada luasan area tertentu, dan dibuat dengan satuan MMSCF/acre. Peta tersebut dibuat dengan mengakumulasi kandungan sumberdaya dari semua lapisan potensi (Lapisan B, C, D dan E) dan dibuat dalam satu bentuk lapisan (Gambar. 9).



Gambar 9. Peta Densitas Sumberdaya GMB pada daerah evaluasi

Berdasarkan referensi dari Thakur et al. 2014 dan dengan merata-ratakan data *sweetspot parameter* dari berbagai sumur produksi, diketahui bahwa data rata-rata *GIP per acre* dari beberapa cekungan CBM yang telah diproduksi yaitu 12 MMSCF/acre.

Setelah Peta Densitas Sumberdaya dan data kemampuan produksi sumur per *acre*, proses berikutnya adalah pembuatan Peta *Sweetspot Area* (Gambar 10). Peta *Sweetspot Area* dibuat dengan menggunakan parameter *cut off* 12 MMSCF/acre pada daerah evaluasi, dimana untuk luasan daerah estimasi sebesar 18.705 *acre*.



Gambar 10. Peta Sweetspot Area daerah evaluasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan evaluasi data sekunder, penyiapan data dan informasi WK GMB diusulkan 1 (satu) blok prospek gas metana batubara yang direkomendasikan menjadi kandidat Wilayah Kerja Gas Metana Batubara yaitu Blok Batulicin di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Wilayah usulan, dilengkapi dengan data

batubara yang diperoleh dari singkapan (*outcrop*) dan bor, data analisis kualitas batubara, meliputi analisis proksimat, ultimat dan petrografi organik, data geofisika berupa survei seismik dan data analisis *adsorption isotherm*. Total estimasi kuantitas batubara hasil penghitungan sebesar 914,5 juta ton dengan kandungan *gas in place* (GIP) sebesar 53,5 Bcf.

Saran untuk kegiatan evaluasi di masa yang akan datang adalah perlunya pembuatan parameter evaluasi yang menetapkan kriteria minimum suatu wilayah yang direkomendasikan menjadi WK GMB berikut kelengkapan data yang dibutuhkan. Parameter evaluasi disepakati bersama oleh Badan Geologi, Ditjen Migas dan Pemerintah Daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Undang - Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi.
- Peraturan Menteri ESDM no. 36 Tahun 2008 tentang Pengusahaan Gas Metana Batubara
- 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 ESDM no. 35 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penetapan dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak dan Gas Bumi.
- Kim, A.G., 2010. Coal Formation and the Origin of Coal Fires, Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52858-2.00001-3>
- Levine, J.R., 1993. Coalification: The Evolution of Coal as Source Rock and Reservoir Rock for Oil and Gas. *Hydrocarb. from Coal* 38, 39–77.

- Mastalerz, M., Drobnia, A., Hower, J.C., O'Keefe, J.M.K., 2010. Spontaneous Combustion and Coal Petrology, Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52858-2.00003-7>
- PSDMBP - NEDO, 2008. Joint Study on Coal Resources and Reserves Evaluation System (CRRES) Batulicin Area. Bandung
- Rahmat, S.B., Tobing, R.L., Rustandi, U., Ramdhani, M.R., Siregar, H.E.A., Sina, I., Susana, N., Purwanto. 2022. Prospeksi Batubara Dengan Metode Geologi dan Geofisika Daerah Batulicin, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung
- Thakur, P., Schatzel, S., and Aminian, K. (2014). Coal Bed Methane, From Prospect to Pipeline. Elsevier : USA.

EVALUASI DAN KARAKTERISASI BATUBARA KALORI RENDAH UNTUK PENGEMBANGAN BIOBRIKET DAN BIOBRIKET SEMIKOKAS – UJI LABORATORIUM

Penny Oktaviani¹, Fatimah¹, Johanes Kennedy², dan Rahmat Hidayat

¹Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

²Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara

SARI

Batubara Indonesia banyak didominasi oleh batubara kalori rendah sampai sedang. Batubara jenis ini memiliki nilai jual yang rendah sehingga perlu dilakukan pengolahan batubara agar batubara tersebut lebih diminati. Program Peningkatan Nilai Tambah (PNT) Batubara merupakan upaya untuk meningkatkan nilai keekonomisan batubara yang dilakukan dengan berbagai metode pengolahan. Pemilihan metode tersebut sangat bergantung pada karakteristik batubaranya. Batubara kalori rendah dapat dicampur dengan biomassa dan dibuat menjadi biobriket dan biobriket semikokas.

Pada prinsipnya kegiatan yang dilakukan adalah mencampurkan batubara dengan biomassa. Penambahan biomassa ini akan berdampak pada berkurangnya kadar emisi CO₂ yang dihasilkan saat produk biobriket / biobriket semikokas ini digunakan sehingga lebih ramah lingkungan

Sampel batubara kalori rendah dari Formasi Muaraenim ditambah dengan serbuk gergaji dan tandan kosong kelapa sawit sebagai biomassanya digunakan untuk membuat biobriket dan biobriket semikokas. Komposisi batubara dengan biomassa yang digunakan dalam uji laboratorium ini adalah 90 : 10 dan 80 : 20.

Kata kunci: batubara kalori rendah, biomassa, briket, biobriket, semikokas.

PENDAHULUAN

Kegiatan evaluasi dan karakterisasi batubara peringkat rendah Indonesia untuk pengembangan biobriket dan biobriket semikokas dilakukan secara bertahap mulai tahun 2021 dan direncanakan diselesaikan di tahun 2025. Kegiatan evaluasi akan meliputi kegiatan karakterisasi batubara dan biomassa yang dibutuhkan dalam

pembuatan biobriket dan biobriket semikokas, uji laboratorium, kajian kelayakan pengembangan serta delineasi wilayah prospek berdasarkan karakteristik batubara dan biomassa Indonesia yang dibutuhkan dalam pengembangan biobriket dan biobriket semikokas.

Untuk menghasilkan rekomendasi secara terpadu dari sisi hulu (kesiapan

sumber daya batubara) dan di sisi hilir (kesiapan teknologi pembuatan biobriket dan biobriket semikokas), kegiatan evaluasi dilakukan bekerja sama dengan Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA (BBPMB *tekMIRA*).

Tahun 2021 PSDMBP telah melakukan studi yang membahas mengenai pencampuran batubara dengan biomassa yang berupa tahap awal yaitu studi literatur. Pada tahun 2022 ini, kegiatan yang dilakukan adalah uji coba pembuatan biobriket dan biobriket semikokas dari batubara bernilai kalori rendah. Kegiatan uji pembuatan biobriket dan biobriket semikokas dilakukan di Laboratorium BBPMB *tekMIRA*.

Pada prinsipnya kegiatan yang dilakukan adalah mencampurkan batubara dengan biomassa. Penambahan biomassa ini akan berdampak pada berkurangnya kadar emisi CO₂ yang dihasilkan saat produk biobriket/biobriket semikokas ini digunakan. Biomassa adalah semua material biologis yang berasal dari tanaman atau hewan yang bisa digunakan untuk menghasilkan panas dan/atau tenaga, sehingga biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi. Materialnya mengandung unsur karbon yang dapat menghasilkan panas saat dioksidasi. Apabila digunakan sebagai sumber energi, biomassa mempunyai beberapa keunggulan atau kelebihan di antaranya dapat diperbarui (*renewable*) sehingga dapat digolongkan energi yang

berkesinambungan. Wujud nyata biomassa antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan termasuk juga kotoran ternak.

Bahan bakar fosil seperti batubara, gas alam dan minyak bumi masih merupakan sumber energi global yang dominan, meskipun berupa sumber energi yang tidak terbarukan dan berkontribusi terhadap perubahan iklim global. Pada tahun 2008, sumber energi tersebut menduduki pasokan mencapai 81% total pasokan energi primer global (Mehmood, Reddy dan Rosen, 2012). Upaya pengurangan pasokan bahan bakar fosil tersebut dapat dilakukan dengan melakukan peningkatan pemanfaatan energi biomassa melalui proses kombinasi bahan bakar biomassa dan batubara untuk mempertahankan kandungan energi yang optimal. Kombinasi bahan bakar tersebut biasa disebut *co-firing* yang dibentuk melalui proses pembriketan.

BIOBRIKET

Biobriket serupa dengan briket batubara, namun ditambah dengan biomassa. Briket batubara dibuat dengan melakukan perubahan bentuk material yang pada awalnya adalah batubara berupa serbuk atau bubuk seukuran pasir menjadi material yang lebih besar dan mudah dalam penanganan atau penggunaannya. Perubahan ukuran material tersebut dilakukan melalui proses penggumpalan dengan penekanan dan penambahan atau

tanpa penambahan bahan pengikat (Suganal, 2019). Pada pembuatan briket batubara, bahan baku batubara yang beraneka ragam ukuran butirnya, diseragamkan melalui pemecahan, penggerusan dan pengayakan kemudian dicetak dengan mesin briket. Ukuran butir briket batubara sekitar 4 - 12 cm tergantung kebutuhan penggunaan (Schinzel, 1961). Pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 4931: 2010 tentang Briket Batubara – Klasifikasi, Syarat Mutu dan Metode Pengujian, disebutkan bahwa briket batubara merupakan bahan bakar yang dibuat dari serbuk batubara dengan atau tanpa bahan pengikat melalui pencetakan/penekanan.

Biobriket batubara merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari campuran batubara dengan biomassa. Campuran biomassa dan batubara dapat dibuat menjadi briket yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi seperti untuk proses pengeringan dalam pengolahan karet remah (*crumb rubber*) dan karet sit asap (*ribbed smoked sheet*). Biobriket dibuat dari batubara dan biomassa baik berupa bagian yang memang sengaja dijadikan bahan baku briket maupun sisa atau limbah proses produksi/pengolahan agroindustri. Kayu, tempurung kelapa, arang tempurung kelapa sawit, limbah bambu, tongkol jagung, dan sekam padi, dapat menjadi bahan baku untuk biobriket.

BIOBRIKET SEMIKOKAS

Biobriket semikokas merupakan biobriket yang dikarbonasi pada suhu 450 – 750 °C. Disebut biobriket semikokas (bukan kokas) karena batubara yang digunakan adalah batubara kalori rendah, sehingga produk yang dihasilkan diperkirakan karakteristiknya di bawah karakteristik kokas, sehingga digunakan istilah biosemikokas.

Semikokas atau *char* adalah padatan karbon diperoleh dari hasil karbonisasi pada temperatur rendah (*low temperature carbonization* 500-700°C), sehingga bersifat lebih lunak dari pada kokas yang bersifat *porous* dan keras. Semikokas kaya akan unsur kimia karbon. Proses semikokas biasa disebut karbonisasi suhu rendah.

METODOLOGI

Bahan baku yang digunakan dalam kegiatan ini adalah batubara dan biomassa. Sampel batubara yang digunakan untuk bahan pembuatan biobriket dan biobriket semikokas adalah batubara kalori rendah yang diambil dari Formasi Muaraenim, di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan. Sampel biomassa yang digunakan yang berupa serbuk gergaji (SG) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Metode pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.

Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dan Analisis Bahan Baku;

Dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas sampel batubara, SG dan TKKS yang dilakukan di laboratorium. Parameter uji yang dilakukan yaitu *Total moisture*, analisis proksimat, analisis ultimat, nilai kalor, *Hardgroove grindability index/HGI* (khusus untuk batubara), dan total sulfur.

2. Pengujian dan Analisis Produk Biobriket;

Produk biobriket yang dihasilkan kemudian diuji dengan parameter pengujian yaitu analisis proksimat, nilai kalor, *total sulfur*, dan *drop shatter test*.

3. Pengujian dan Analisis Produk Biobriket Semikokas;

Uji coba karbonisasi batubara, SG dan TKKS skala laboratorium dilakukan pada suhu 600 °C bertujuan untuk menghasilkan *char*. Produk hasil karbonisasi kemudian diuji dengan parameter pengujian yaitu analisis proksimat (*char* batubara, SG dan TKKS), dan nilai kalor (*char* batubara, SG dan TKKS). *Char* batubara, SG dan TKKS hasil produk karbonisasi berbentuk serbuk atau bubuk kemudian dipreparasi untuk diubah bentuknya menjadi briket yaitu biobriket semikokas. Produk biobriket semikokas yang dihasilkan kemudian diuji dengan parameter

pengujian yaitu analisis proksimat, nilai kalor, *total sulfur*, dan *drop shatter test*/analisis beban pecah.

Pengujian *drop shatter test* adalah pengujian ketahanan briket terhadap benturan dengan cara briket dijatuhkan dari ketinggian 1,8 meter ke bawah menuju bidang datar (ASTM D 440-86). Pengujian ini dapat menunjukkan kemampuan briket untuk menahan kerusakan saat mengalami penanganan di tambang dan selama transit ke konsumen.

Sampel Batubara yang Diuji

Pada kegiatan ini, batubara yang digunakan untuk pengujian pembuatan biobriket dan biobriket semikokas adalah batubara kalori rendah yang berasal dari Formasi Muara Enim, Sumatra Selatan. Sampel batubara yang digunakan sebanyak ± 800 kg.

Hasil analisis proksimat dan ultimat untuk sampel batubara murni dan sampel batubara yang telah dihaluskan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Sampel Biomassa yang Diuji

Bahan baku biomassa yang digunakan dalam pembuatan biobriket dan biobriket semikokas ini adalah serbuk gergaji (SG) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang berasal industri kayu dan pabrik kelapa sawit (**Gambar 2**).

Bahan baku lainnya yang dipakai pada kegiatan ini adalah tepung tapioka.

Tepung tapioka digunakan sebagai *binder* batubara dan biomassa yang akan dibriket. Tapioka yang digunakan sebagai *Binder* pada kegiatan ini adalah sebesar 5% dari berat total adonan biobriket.



Gambar 2. Sampel biomassa yang telah dipreparasi, sebelah kiri adalah serbuk gergaji (SG) dan sebelah kanan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

Pembuatan Biobriket dan Biobriket Semikokas

Pembriketan dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan baku yaitu batubara dan biomassa tanpa karbonisasi untuk biobriket, serta batubara dan biomassa dengan karbonisasi untuk biobriket semikokas. Pembriketan batubara dan biomassa tanpa karbonisasi dilakukan terhadap bahan baku yang telah di preparasi.

Pembuatan biobriket semikokas dilakukan terhadap *char* yang telah di preparasi. Batubara dan biomassa dikarbonisasi terlebih dulu di temperatur 600°C selama 3 jam pada skala laboratorium untuk menghasilkan *char*/arang.

Pada pembuatan biobriket, campuran batubara-biomassa adalah 80:20 dan 90:10. Begitu juga pada pembuatan biobriket semikokas, campuran arang batubara-arang biomassa adalah 80:20 dan 90:10. Kemudian dilakukan penambahan 5 % bahan pengikat, yaitu tepung tapioka.

PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan Biobriket

Hasil karakterisasi dan standar SNI dan Permen ESDM untuk briket tanpa karbonisasi dan biobriket disajikan pada Tabel 3. Dalam pembuatan briket batubara tanpa karbonisasi maupun biobriket, produk harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 4931 :2010 tentang Briket Batubara – Klasifikasi, Syarat Mutu dan Metode Pengujian dan Permen ESDM No.47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara.

Untuk biobriket dalam SNI masuk dalam kelompok briket batubara tanpa karbonisasi, perlu memenuhi syarat sebagai berikut, yaitu kadar sulfur total maksimum 1% (tanpa penambahan bahan imbuhan), abu maksimum adalah 20% dan kadar air 17%.

Sebagai perbandingan ditampilkan juga syarat biobriket menurut Permen ESDM No. 47/2006. Persyaratan tersebut meliputi kandungan *inherent moisture* dan sulfur total maksimum adalah 15% dan 1%. Sementara untuk nilai kalor dan beban pecah menurut SNI dan Permen ESDM

adalah minimum 4000-6000 kkal/kg dan 4.400 kkal/kg serta 50-60 kg/briket 65 kg/cm².

Hasil analisis biobriket A1 (Batubara:SG; 80 %:20%), A2 (Batubara:SG; 90%:10%), A3 (Batubara: TKKS; 80:20), A4 (Batubara: TKKS;90:10) dan perbandingan dengan bahan baku tersaji dalam **Tabel 3** dan **Gambar 3** dan **4** terlihat bahwa kadar air biobriket A1-A4 berada di 13 -15% (adb). Kadar *volatile matter* (zat terbang) biobriket A1-A4 yaitu 50,97 %, 47,38 %, 5,83% dan 48,33% dalam basis adb. Campuran biomassa yang lebih banyak (dalam kegiatan ini adalah 20%) meningkatkan kandungan nilai VM pada biobriket. Selain itu, penambahan bahan pengikat tepung tapioka yang memiliki kadar *volatile matter* (zat terbang) sangat tinggi. Analisis kadar abu biobriket A1 – A4 berada di 4-5% adb. Campuran biomassa dalam biobriket mampu mengurangi kadar abu batubara asal yaitu 6% adb). Secara umum perubahan signifikan dalam hasil pengujian proksimat dari sampel biobriket terjadi pada kandungan *volatile matter* (zat terbang) yang meningkat.

Hasil pengujian nilai kalor biobriket A1-A4 berkisar di 4500 – 4700 kkal/kg (adb). Biomassa pada umumnya memiliki nilai kalor lebih rendah dari batubara sehingga ketika dicampur dengan batubara dalam persentase tertentu akan mempengaruhi nilai kalor biobriket. Hasil analisis total sulfur menunjukkan biobriket A1-A4 berada pada

0,2 % (adb). Hal ini menunjukkan biobriket memiliki kadar sulfur yang rendah.

Tabel 3 juga menampilkan hasil analisis proksimat, nilai kalor dan total sulfur dengan standar SNI dan Permen ESDM. Jika mengacu dengan SNI, biobriket sampel A1-A4 masuk dalam kategori briket batubara tanpa karbonisasi tipe B dimana dalam hasil analisis biobriket *volatile matter* (zat terbang) masih berada diatas batubara asal. Berbeda halnya dengan SNI, hasil analisis dari biobriket A1-A4 sudah memenuhi persyaratan biobriket Permen ESDM No. 47 Tahun 2006.

Hasil analisis *drop shatter test* pada **Tabel 4** menunjukkan fraksi distribusi ukuran biobriket. Distribusi ukuran biobriket A1-A4 utuh diperoleh setelah dilakukan pengujian sebanyak dua kali. Sampel biobriket yang utuh (fraksi +50) pada biobriket A1 dan A2 yang terdiri dari campuran batubara dan serbuk gergaji adalah sebesar 1,65% dan 10,62% atau setara dengan 0,38 kg dan 2,45 kg.

Sampel biobriket yang utuh (fraksi +50) pada biobriket A3 dan A4 yang terdiri dari campuran batubara dan TKKS adalah sebesar 17,55% dan 19,96% atau setara dengan 4,05 kg dan 4,60 kg.

Perolehan terbesar pada biobriket A1, A2 dan A4 adalah fraksi kecil (fraksi - 12,5) yaitu 96,74%, 78,86% dan 34,92% atau setara dengan 22,28 kg, 18,2 kg dan 8,05 kg. Perolehan terbesar pada biobriket A3 adalah fraksi +37,5 yaitu 47,44% atau setara dengan 10,95 kg. Besarnya jumlah

fraksi -12,5 setelah dilakukan pengujian *drop shatter test* menyatakan bahwa biobriket hancur. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam transportasi maupun penyimpanan yang rentan terhadap gesekan atau jatuh dari ketinggian, perubahan ukuran (remuk) pada biobriket relatif besar.

Hasil Pembuatan Biobriket Semikokas

Dalam bagian ini dibahas pembuatan biobriket melalui jalur karbonisasi. Produk *char* dan biobriket semikokas kemudian dikarakterisasi analisis proksimat, nilai kalor dan total sulfur. Untuk mengetahui pengaruh dari masing masing tahapan proses baik itu proses karbonisasi maupun pembriketan, maka karakteristik batubara-biomassa, *char* batubara-biomassa dan biobriket semikokas dibandingkan seperti **Tabel 5**.

Kegiatan karbonisasi batubara dan biomassa serta perbandingan produk *char* batubara-biomassa dan biobriket semikokas dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Dari perbandingan hasil analisis yang disajikan pada **Tabel 5** terlihat bahwa pada produk *char* mengalami penurunan *inherent moisture* yang signifikan. Sementara dari sisi *volatile matter* (VM), proses karbonisasi menurunkan kadar VM sebesar 24,52% dari 44,45% menjadi 19,93% pada batubara; 58,93% dari 71,25% menjadi 12,32%; 59,38% dari 71,99% menjadi 12,61% dalam basis adb. Dengan adanya penurunan *moisture*, nilai

kalor dari *char* batubara-biomassa pun meningkat signifikan dari 4000 kkal/kg menjadi 6000 kkal/kg (adb). Kenaikan nilai kalor akibat proses karbonisasi juga berdampak pada kadar abu yang juga mengalami kenaikan.

Hasil analisis biobriket semikokas B1 (Batubara:SG; 80%:20%), B2 (Batubara:SG; 90%:10%), B3 (Batubara:TKKS; 80:20), B4 (Batubara: TKKS;90:10) dan perbandingan dengan *char batubara-biomassa* dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Gambar 6-8**. Kadar air dan VM pada biobriket semikokas B1-B4 mengalami sedikit peningkatan. Seperti halnya pada saat pembuatan biobriket bertambahnya VM kemungkinan berasal dari penambahan bahan pengikat tepung tapioka yang memiliki kadar VM sangat tinggi. Sementara adanya peningkatan kadar air IM diakibatkan masih adanya penambahan air dari adonan tepung tapioka dan kandungan *inherent moisture* dari tepung tapioka itu sendiri. Hal ini pun berdampak pada kembali turunnya nilai kalor pada **Gambar 7** jika dibandingkan dengan *char* batubara-biomassa sebagai bahan baku biobriket semikokas memiliki nilai kalor berkisar 6.500-6.800 kkal/kg.

Hasil analisis total sulfur menunjukkan biobriket semikokas B1-B4 berkisar pada nilai 0,22 -0,27 % (adb). Walaupun menunjukkan adanya kenaikan yang tidak signifikan dari bahan baku *char* batubara-biomassa, total sulfur biobriket semikokas masih relatif rendah.

Hasil analisis *drop shatter test* pada **Tabel 7** menunjukkan fraksi distribusi ukuran biobriket semikokas. Distribusi ukuran biobriket semikokas B1-B4 utuh diperoleh setelah dilakukan pengujian sebanyak dua kali. Sampel biobriket yang utuh (fraksi +50) pada biobriket B1 dan B2 yang terdiri dari campuran *char* batubara dan serbuk gergaji adalah sebesar 31,17% dan 60,10% atau setara dengan 7,20 kg dan 13,83 kg.

Sampel biobriket semikokas yang utuh (fraksi +50) pada biobriket semikokas B3 dan B4 yang terdiri dari campuran batubara dan TKKS adalah sebesar 51,40% dan 58,13% atau setara dengan 11,90 kg dan 13,40 kg.

Perolehan terbesar pada biobriket semikokas B2, B3 dan B4 adalah fraksi utuh (fraksi +50). Perolehan terbesar pada biobriket semikokas B1 adalah fraksi -12,5 yaitu 48,70% atau setara dengan 11,25 kg. Jika dibandingkan dengan biobriket, fraksi utuh (fraksi +50) pada biobriket semikokas lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa proses karbonisasi mengakibatkan kadar karbon pada briket meningkat sehingga kekuatan briket pun mengalami peningkatan (S. Cantara, 2021).

RANGKUMAN

Batubara kalori rendah dapat dicampur dengan biomassa dan dibuat menjadi biobriket dan biobriket semikokas untuk digunakan sebagai bahan bakar yang

menghasilkan emisi karbon lebih sedikit daripada batubara murni.

Produk biobriket semikokas belum memiliki persyaratan khusus baik di SNI maupun Permen ESDM. Namun, sebagai perbandingan karakteristik produk biobriket semikokas B1-B4, dapat dilakukan pendekatan standar SNI 4931:2020 dan Permen ESDM No.47 Tahun 2006 dengan kategori briket batubara terkarbonisasi. Pada persyaratan SNI pada **Tabel 6**, biobriket semikokas B1-B4 masuk dalam kategori briket batubara terkarbonisasi tipe A.

Berbeda halnya dengan SNI, biobriket semikokas B1-B4 belum memenuhi persyaratan kadar *volatile matter* (zat terbang) pada Permen ESDM No. 47 Tahun 2006.

Analisis kimia biobriket berbahan baku batubara-biomassa dengan komposisi 80%:20% dan 90%:10% memiliki karakteristik yang hampir sama. Analisis kimia biobriket semikokas berbahan baku *char* batubara-biomassa, dengan komposisi 80%:20% dan 90%:10% juga memiliki karakteristik yang hampir sama. Namun uji analisis fisik bagi produk biobriket dan biobriket semikokas belum dilaksanakan secara lengkap. Pada kegiatan ini, produk biobriket dan biobriket semikokas hanya dilakukan pengujian *drop shatter test* (analisis beban pecah) sebagai uji analisis fisik.

Karakteristik sifat kimia produk biobriket jika dibandingkan dengan SNI 4931:2010 belum memenuhi persyaratan kadar *volatile matter* (zat terbang). Berbeda halnya dengan SNI, sifat kimia produk biobriket sudah memenuhi persyaratan Permen ESDM No.47 Tahun 2006.

Karakteristik sifat kimia produk biobriket semikokas jika dibandingkan dengan SNI 4931:2010 sudah memenuhi persyaratan. Berbeda halnya dengan SNI, sifat kimia produk biobriket semikokas belum memenuhi persyaratan kadar *volatile matter* (zat terbang). Permen ESDM No.47 Tahun 2006.

Hasil analisis *drop shutter test* menunjukkan bahwa pada produk biobriket lebih mudah hancur dibandingkan dengan produk biobriket semikokas. Hal ini mengindikasikan bahwa proses karbonisasi mengakibatkan kadar karbon pada briket meningkat sehingga kekuatan briket pun mengalami peningkatan.

REKOMENDASI

Sebaiknya dilakukan uji pembakaran produk biobriket dan biobriket semikokas untuk mengetahui kemudahan biobriket terbakar, laju pembakaran dan efisiensi termal total pembakaran. Dari hasil uji pembakaran nantinya akan diperoleh desain kompor briket yang tepat untuk biobriket dan biobriket semikokas berbahan baku batubara-biomassa.

Kegiatan evaluasi potensi biobriket dan biobriket semikokas disarankan untuk dilakukan pada lebih banyak sampel batubara peringkat rendah yang mewakili berbagai wilayah potensial di Indonesia. Variasi lokasi dan jumlah sampel, dan parameter analisis yang semakin banyak (terutama analisis lanjutan untuk produk biobriket dan biobriket semikokas) diharapkan dapat membantu untuk mengetahui potensi batubara peringkat rendah yang cocok untuk dibuat biobriket dan biobriket semikokas, sehingga parameter delineasi wilayah prospek dapat dirumuskan di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D 440-86, 1986, *Standard Test Method of Drop Shatter Test for Coal*.

Mehmood, S., Reddy, B. V., dan Rosen, M. A., 2012, *Energy Analysis of a Biomass Co-firing Based Pulverized Coal Power Generation System*, MDPI Journals Volume 4.

Permen ESDM No.47 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara. Diunduh dari http://psdg.geologi.esdm.go.id/kepmen_pp_u/permen-esdm-47-2006.pdf.

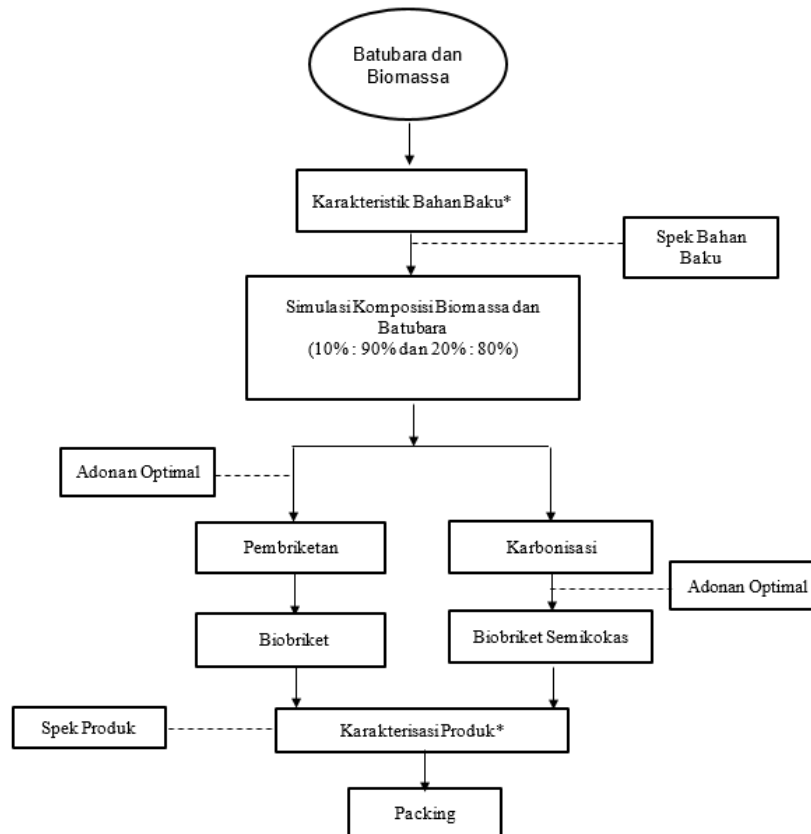
Peraturan Menteri Perindustrian No. 9 Tahun 2019 tentang Standar Industri Hijau untuk Industri Karet Remah, dalam Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kementerian Perindustrian, diunduh dari <http://jdih.kemenperin.go.id/site/template3/2519>.

Speight, J. G. (2013). The chemistry and technology of coal. CRC press.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 4931: 2010 tentang Briket Batubara – Klasifikasi, Syarat Mutu dan Metode Pengujian.

Suganal, “Rancangan Proses Pembuatan Briket Batubara Nonkarbonisasi Skala Kecil Dari Batubara Kadar Abu Tinggi,” hal. 1- 14, 2008.

Suganal, “Bahan Bakar Co-firing Dari Batubara dan Biomassa Tertorefaksi Dalam Bentuk Briket (Skala Laboratorium),” hal. 31- 48, 2019.



Gambar 1. Metode pembuatan biobriket dan biobriket semikokas

Tabel 1. Hasil analisis proksimat, total sulfur, nilai kalor, dan HGI sampel batubara dan serbuk batubara (batubara yang dihaluskan)

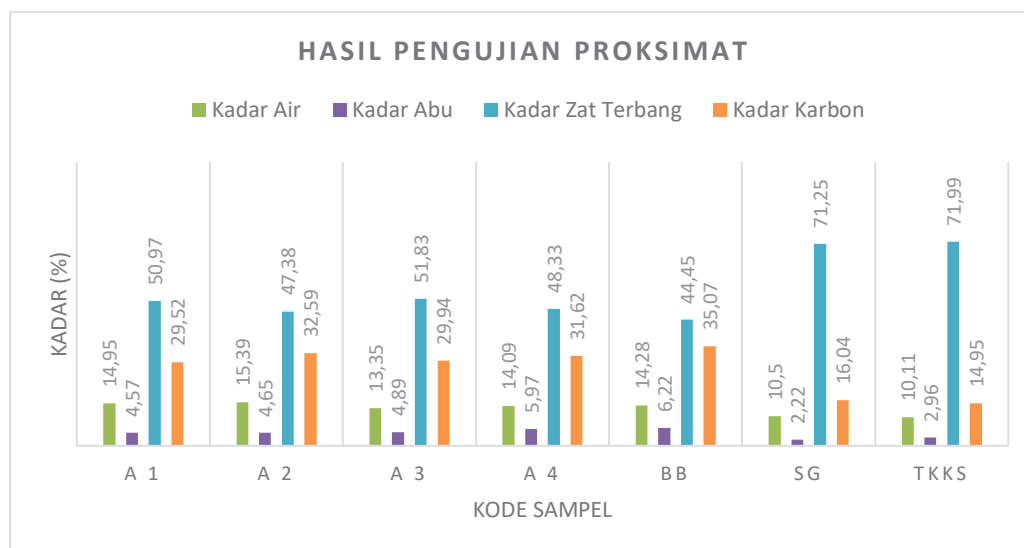
NO	Kode Sampel	FM	TM	PROKSIMAT (% , adb)					CV (kal/gr, adb)	HGI
		(% , ar)		M	VM	Ash	FC	TS		
1	BB	41,46	57,84	27,99	37,34	5,32	29,36	0,19	4155	87
2	Serbuk BB	37,80	46,68	14,28	44,45	6,22	35,07	0,19	4959	66

Tabel 2. Hasil analisis proksimat sampel batubara dan serbuk batubara (batubara yang dihaluskan)

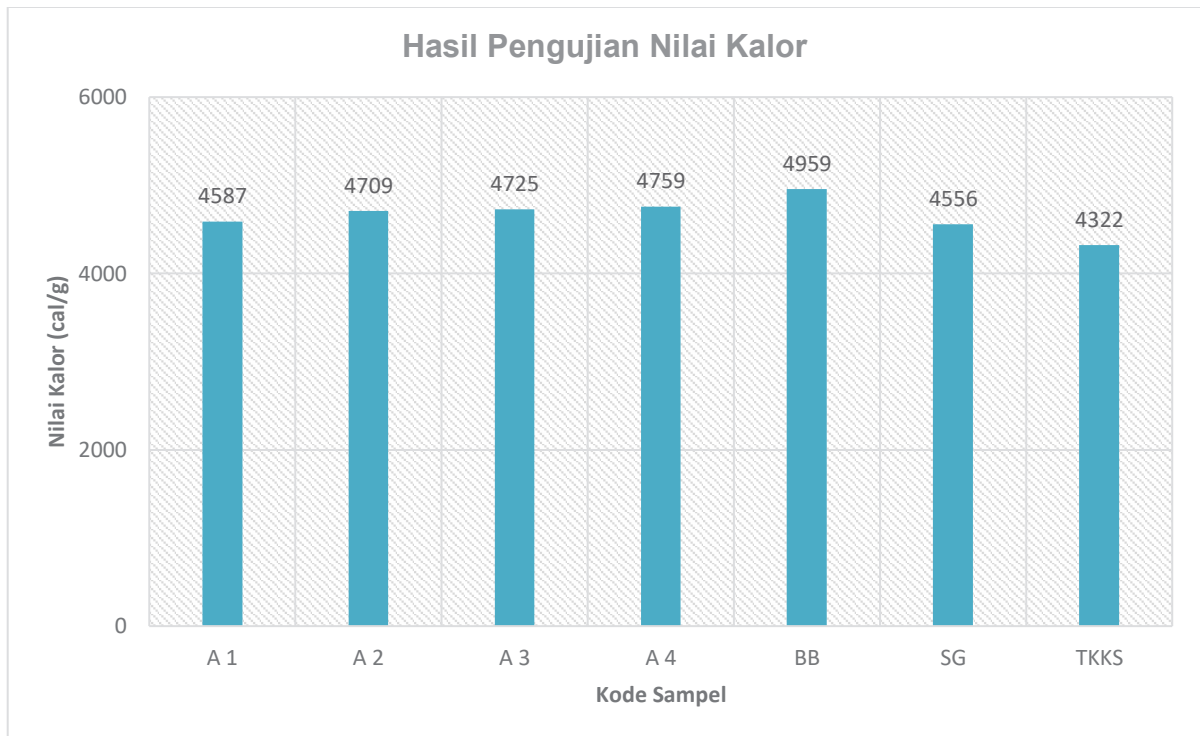
NO	Kode Sampel	ULTIMAT (% , daf)				
		C	H	N	O	S
1	BB	68,32	4,69	0,86	25,85	-
2	Serbuk BB	68,96	4,77	0,86	25,17	-

Tabel 3. Hasil analisis proksimat, nilai kalor, dan total sulfur biobriket serta standar SNI dan Permen ESDM briket tanpa karbonisasi dan biobriket

Parameter Analisis	Satuan	BB : SG (80:20), A1	BB : SG (90:10), A2	BB : TKKS (80:20), A3	BB : TKKS (90:10), A4	Briket Batubara Tanpa Karbonisasi Tipe A (SNI)	Briket Batubara Tanpa Karbonisasi Tipe B (SNI)	Biobriket (Permen ESDM)
Analisis Proksimat								
<i>Inherent Moisture</i> (IM)	%, adb	14,95	15,39	13,35	14,09	≤ 17	≤ 17	Max 15
Abu	%,a db	4,57	4,65	4,89	5,97	≤ 20	≤ 20	
<i>Volatile Matter</i> (VM)	%, adb	50,97	47,38	51,83	48,33	Sesuai dengan batubara asal	Sesuai dengan batubara asal	Sesuai dengan bahan baku
<i>Fixed Carbon</i> (FC)	%, adb	29,52	35,29	29,94	31,62			
Nilai kalor	Kkal/kg(adb)	4.587	4709	4.725	4.759	5.000-6.000	4.000-5.000	Min 4.400
Total Sulfur	%, adb	0,21	0,24	0,23	0,24	≤ 1	≤ 1	Max 1
Beban Pecah	kg/briket(SNI), kg/cm ² (Permen ESDM)	-	-	-	-	60	50-60	65



Gambar 3. Grafik perbandingan analisis proksimat antara biobriket dengan bahan baku



Gambar 4. Grafik perbandingan analisis nilai kalor antara biobriket dengan bahan baku.

Tabel 4. Hasil analisis *drop shatter test* biobriket

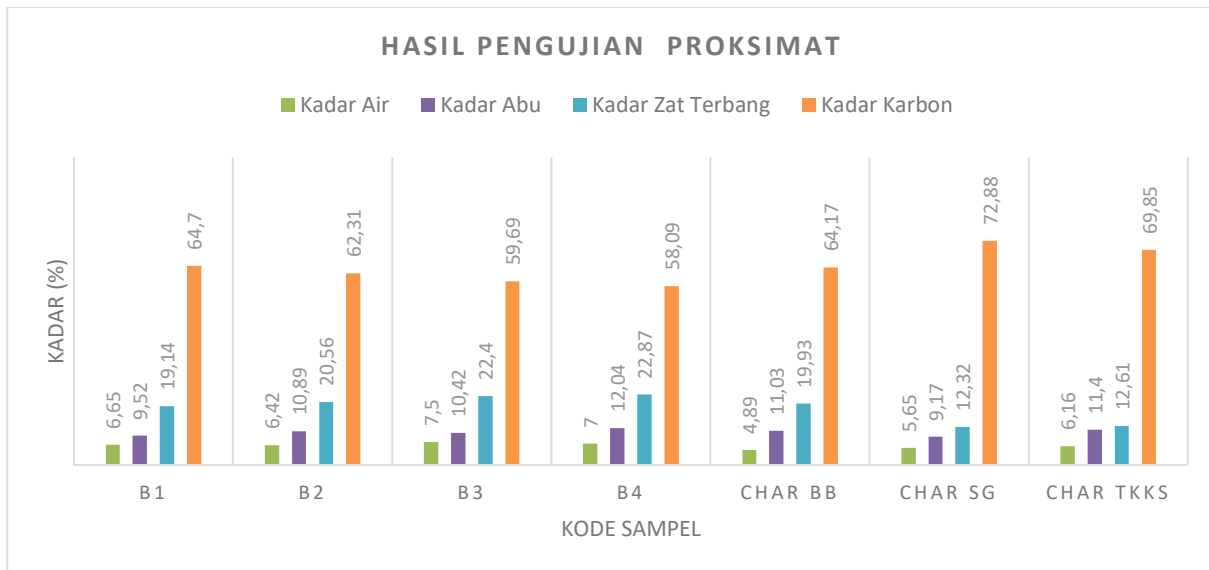
Kode Contoh	Biobriket BB : SG (80:20), A1		Biobriket BB : SG (90:10), A2		Biobriket BB : TKKS (80:20), A3		Biobriket BB : TKKS (90:10), A4	
Bobot Sampel	23,03 kg		23,08 kg		23,08 kg		23,05 kg	
Fraksi (mm)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)
+50	0,38	1,65	2,45	10,62	4,05	17,55	4,60	19,96
+37,5	0,18	0,78	1,30	5,63	10,95	47,44	6,90	29,93
+ 25	0,13	0,56	0,70	3,03	1,75	7,37	1,95	8,46
+12,5	0,08	0,35	0,50	2,17	1,15	4,98	1,60	6,94
-12,5	22,28	96,74	18,2	78,86	5,3	22,96	8,05	34,92
Standard Methode	ASTM D 3038							

Tabel 5. Perbandingan karakteristik batubara-biomassa, *char* batubara, biomassa, dan biobriket semikokas

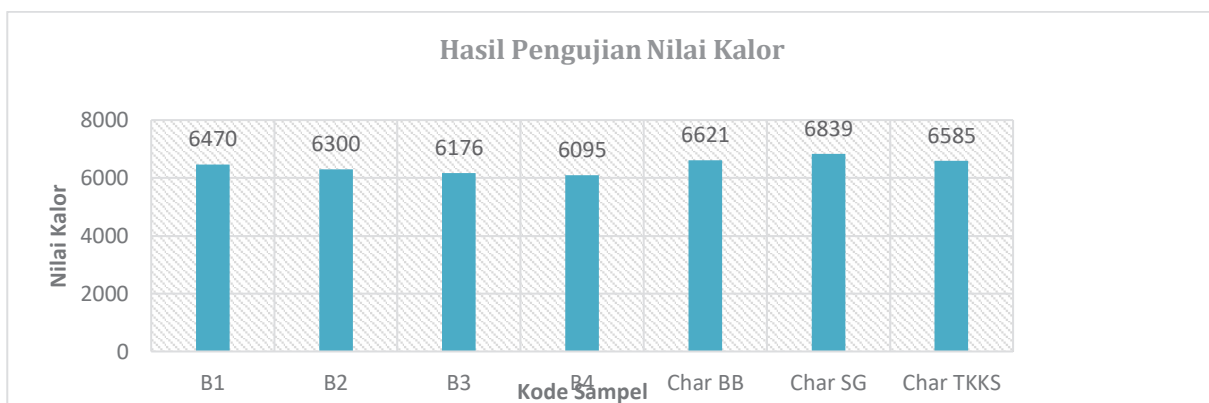
Parameter Analisis	Satuan	BB	SG	TKKS	<i>Char</i> BB	<i>Char</i> SG	<i>Char</i> TKKS	Biobriket Semikokas BB : SG (80:20), B1	Biobriket Semikokas BB : SG (90:10), B2	Biobriket Semikokas BB : TKKS (80:20), B3	Biobriket Semikokas BB : TKKS (90:10), B4
Analisis Proksimat											
<i>Inherent Moisture</i> (IM)	%, adb	14,28	10,50	10,11	4,89	5,65	6,16	6,65	6,42	7,50	7,00
Abu	%,a db	6,22	2,22	2,96	11,03	9,17	11,40	9,52	10,89	10,42	12,04
<i>Volatile Matter</i> (VM)	%, adb	44,45	71,25	71,99	19,93	12,32	12,61	19,14	20,56	22,40	22,87
<i>Fixed Carbon</i> (FC)	%, adb	35,07	16,04	14,95	64,17	72,88	69,85	64,70	62,13	59,69	58,09
Nilai kalor	Kkal/kg(adb)	4959	4556	4322	6.621	6.839	6.585	6.470	6.300	6.176	6.095
Total Sulfur	%, adb	0,21	0,24	0,23	0,25	0,12	0,14	0,27	0,25	0,23	0,22

Tabel 6. Hasil analisis proksimat, nilai kalor, dan total sulfur biobriket semikokas serta standar SNI dan Permen ESDM

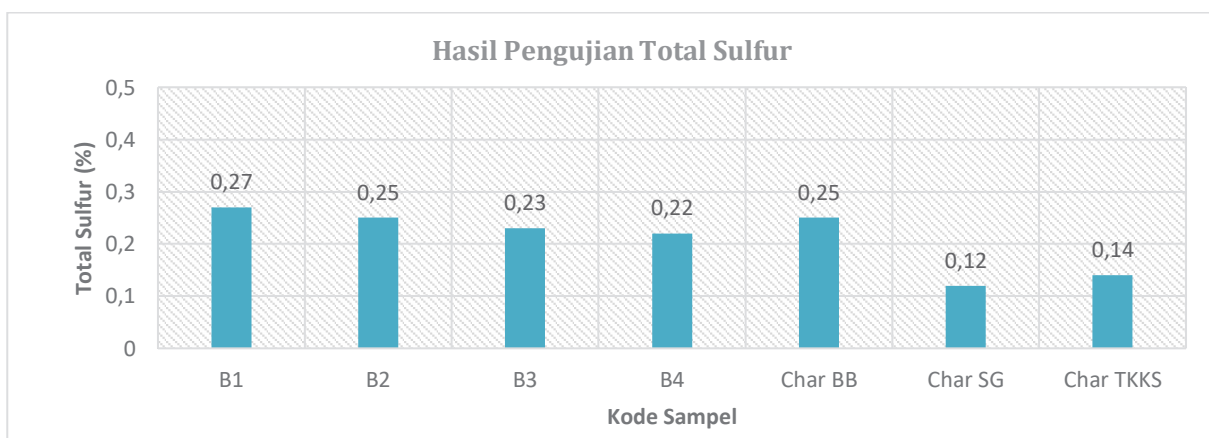
Parameter Analisis	Satuan	Biobriket Semikokas BB : SG (80:20), B1	Biobriket semikokas BB : SG (90:10), B2	Biobriket semikokas BB : TKKS (80:20), B3	Biobriket semikokas BB : TKKS (90:10), B4	Briket BB Terkarbonisasi Tipe A (SNI)	Briket BB Terkarbonisasi Tipe B (SNI)	Briket BB Terkarbonisasi, jenis batubara muda (Permen ESDM)	Briket BB Terkarbonisasi, bukan jenis batubara muda (Permen ESDM)
Analisis Proksimat									
<i>Inherent Moisture (IM)</i>	%, adb	6,65	6,42	7,50	7,00	≤ 12	≤ 12	Max 20	Max 7,5
Abu	%, adb	9,52	10,89	10,42	12,04	≤ 15	≤ 20		
<i>Volatile Matter (VM)</i>	%, adb	19,14	20,56	22,40	22,87	≤ 22	≤ 22	Max 15	Max 15
<i>Fixed Carbon (FC)</i>	%, adb	64,70	62,13	59,69	58,09				
Nilai kalor	Kkal/kg (adb)	6.470	6.300	6.176	6.095	> 6.000	4.500-6.000	Min 4.000	Min 5.500
Total Sulfur	%, adb	0,27	0,25	0,23	0,22	≤ 1	≤ 1	Max 1	Max 1
Beban Pecah	kg/briket (SNI), kg/cm ² (Permen ESDM)	-	-	-	-	>100	> 80-100	Min 60	Min 60



Gambar 5. Grafik perbandingan analisis proksimat antara biobriket semikokas dengan *char* batubara-biomassa



Gambar 6. Grafik perbandingan analisis nilai kalor antara biobriket semikokas dengan *char* batubara-biomassa



Gambar 7. Grafik perbandingan analisis total sulfur antara biobriket semikokas dengan *char* batubara-biomassa

Tabel 7. Hasil analisis *drop shatter test* biobriket semikokas

Kode Contoh	Biobriket Semikokas BB: SG (80:20), B1		Biobriket Semikokas BB: SG (90:10), B2		Biobriket Semikokas BB: TKKS (80:20), B3		Biobriket Semikokas BB: TKKS (90:10), B4	
Bobot Sampel	23,10 kg		23,01 kg		23,15 kg		23,05 kg	
Fraksi (mm)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)	Bobot (kg)	Fraksi (%)
+50	7,20	31,17	13,83	60,10	11,90	51,40	13,40	58,13
+37,5	2,70	11,69	1,43	6,21	1,05	4,54	0,80	3,47
+ 25	1,25	5,41	0,50	2,17	1,10	4,75	0,45	1,95
+12,5	0,85	3,68	0,53	2,30	0,90	3,89	0,45	1,95
-12,5	11,25	48,70	6,53	28,38	8,15	25,20	8,00	34,71
Standard Methode	ASTM D 3038							

KARAKTERISASI POTENSI BATUBARA METALURGI INDONESIA

Rizki Satria Rachman, Eska Putra Dwitama, Rahmat Hidayat, dan Eko Budi Cahyono

Kelompok Kerja Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Indonesia merupakan negara dengan batubara yang dimanfaatkan tidak hanya untuk energi pembangkit listrik melainkan untuk industri metalurgi yang disebut sebagai batubara metalurgi. Potensi batubara metalurgi di Indonesia belum terekam secara baik. Oleh karena itu, penelitian terhadap batubara kalori tinggi yang dapat digolongkan sebagai batubara metalurgi / kokas di Indonesia sangat diperlukan untuk mendukung pemanfaatan dan penggunaan batubara Indonesia. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan karakteristik batubara metalurgi di Indonesia. Penelitian ini telah dilaksanakan sejak tahun 2018 hingga tahun 2022 meliputi beberapa tahapan. Hasilnya, dari 76 lokasi indikasi yang dilakukan evaluasi, 40 lokasi terkonfirmasi memiliki potensi batubara metalurgi yang tersebar pada empat cekungan yaitu Cekungan Ombilin, Cekungan Bengkulu, Cekungan Kutai, dan Cekungan Barito. Hingga status tahun 2022, jumlah total potensi sumber daya batubara metalurgi Indonesia 2,68 milyar ton dan cadangan 0,45 milyar ton yang berasal dari lokasi terdaftar, serta total inventori sebesar 0,73 milyar ton. Secara kualitas, batubara metalurgi di Indonesia dapat diklasifikasikan kedalam *hard coking coal semi hard coking coal semi soft coking coal* dan *low volatile PCI coal*.

Kata kunci: Batubara; Metalurgi; Potensi; Indonesia.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan cekungan sedimen batubara yang cukup besar dan menjadi salah satu eksportir batubara terbesar di dunia. Salah satu pemanfaatan batubara yang hingga saat ini masih menjadi kebutuhan adalah batubara kokas (Hasan et al., 2012; Stanford, 2013; Lucarelli, 2015). Pembangunan smelter dan meningkatnya produksi besi dan baja menyebabkan

peningkatan kebutuhan kokas di Indonesia. Oleh karena hal tersebut, data dan informasi mengenai potensi batubara kalori tinggi sebagai batubara metalurgi (batubara kokas) menjadi penting untuk dianalisis lebih lanjut (Friederich & Leeuwen, 2017).

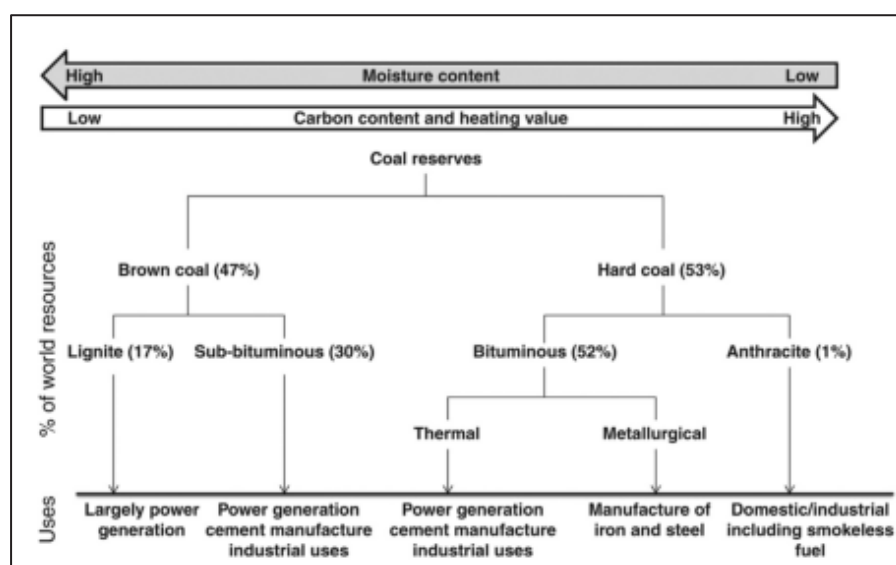
Secara umum batubara dikelompokkan menjadi 2 jenis berdasarkan kegunaannya yaitu batubara termal dan batubara metalurgi / kokas (Gambar 1). Batubara termal merupakan batubara yang

digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik, sedangkan batubara metalurgi adalah batubara yang digunakan untuk mendukung produksi industri metalurgi, terutama industri besi baja (Zimmerman, 1979; Arif, 2014; Kumar dan Kumar, 2016).

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara sejak tahun 2016 hingga tahun 2020 penggunaan batubara domestik untuk industri metalurgi terus meningkat dan pada tahun 2020 penggunaannya mencapai 13 juta ton (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2021). Kebutuhan batubara dalam negeri dipenuhi oleh batubara domestik dan impor. Pada tahun 2020 total impor batubara adalah sebanyak 8,76 juta ton (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2021), batubara yang diimpor tersebut digunakan dalam industri metalurgi termasuk didalamnya penggunaan

batubara pada smelter (Stanford, 2013; Haryadi dan Suciyanti, 2018).

Hingga saat ini Indonesia masih terfokus pada batubara termal, sementara potensi batubara metalurgi / kokas masih belum terangkat dengan baik. Berdasarkan pembentukannya, sifat kokas dimiliki oleh batubara peringkat tinggi sampai sangat tinggi (Daulay et al., 2015; Wiranata et al., 2020). Sehingga, sebagian batubara kalori tinggi hingga sangat tinggi di Indonesia diperkirakan memiliki potensi sebagai batubara metalurgi / kokas. Oleh karena itu, penelitian terhadap batubara kalori tinggi yang dapat digolongkan sebagai batubara metalurgi / kokas di Indonesia sangat diperlukan untuk mendukung pemanfaatan dan penggunaan batubara Indonesia secara optimal. Hal tersebut dilakukan terutama untuk mendukung industri dalam negeri termasuk mengurangi impor batubara.



Gambar 1. Pemanfaatan dan persentase cadangan batubara dunia
(modifikasi dari International Energy Agency (IEA 2004) dalam Kumar dan Kumar, 2016)

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada 2018 – 2022 yang terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

Studi Pustaka dan Pengumpulan Data

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari literatur-literatur terkait batubara kalori tinggi khususnya batubara metalurgi. Mencari dan mengumpulkan data sekunder antara lain data neraca sumberdaya dan cadangan batubara (baik data hasil kegiatan lapangan internal PSDMBP maupun data badan usaha yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara dan Pemerintah Daerah), database indikasi batubara metalurgi, laporan RKAB badan usaha, laporan eksplorasi badan usaha dan dokumen studi kelayakan badan usaha.

Evaluasi Data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian di *screening* atau dipilah dan dievaluasi berdasarkan parameter evaluasi awal potensi batubara metalurgi yang telah dibuat oleh tim. Data hasil evaluasi ini akan menjadi data lokasi indikasi batubara metalurgi yang ada di Indonesia.

Uji Petik Pengambilan Sampel

Verifikasi dilakukan untuk menambah tingkat keyakinan data yang telah dievaluasi. Hal ini dilakukan dengan cara melihat langsung kondisi lapangan dan mengambil sampel batubara untuk dikonfirmasi karakteristiknya melalui uji laboratorium.

Kegiatan verifikasi dilakukan untuk data yang bukan berasal dari hasil kegiatan internal PSDMBP. Lokasi Uji petik dipilih pada lokasi potensi batubara yang memiliki indikasi kuat merupakan batubara metalurgi dan juga pada wilayah-wilayah yang dianggap perlu untuk dilakukan pembuktian agar didapat penyebaran data yang cukup baik, sehingga kedepannya lokasi indikasi akan semakin mengerucut.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap sampel batubara yang didapatkan adalah: Analisis petrografi organik, terdiri dari reflektansi vitrinit (Rv), komposisi kelompok maseral, dan mineral; Analisis kimia berupa proksimat dan ultimat; Analisa Sulfur total (S), bulk density / berat jenis (BD / SG), nilai kalori dan analisis major element dalam abu batubara (analisis abu batubara); dan Analisis fisik dan reologi berupa HGI, Free Swelling Index (FSI); Jika nilai FSI dianggap memenuhi syarat, dilakukan Analisis Gray King Coke Type dan Dilatation. Seluruh Analisis tersebut dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.

Pengolahan Data

Dalam pekerjaan kali ini yang menjadi target utama untuk dievaluasi adalah batubara kalori tinggi yang dapat diklasifikasikan sebagai batubara metalurgi. Batubara metalurgi memiliki karakteristik tertentu yang secara umum tercermin dari

sifat fisik dan kimianya. Berdasarkan studi pustaka dan data yang tersedia, klasifikasi batubara metalurgi pada kesempatan ini terbagi menjadi *Hard Coking Coal*, *Semi-Hard Coking coal*, *Semi-Soft Coking coal*, dan *Low-Volatile PCI*. Sedangkan sisanya yaitu *High-Volatile PCI* tidak termasuk batubara metalurgi karena merupakan batubara termal. Parameter evaluasi / klasifikasi yang dilakukan pada penelitian kali ini dapat dilihat sebagai berikut (Tabel 1 & Tabel 2).

Data hasil uji petik dan analisis laboratorium kemudian dievaluasi untuk memilah sampel batubara yang memiliki karakteristik sebagai batubara metalurgi dan yang tidak. Sampel batubara yang memiliki karakteristik metalurgi kemudian diklasifikasikan untuk mengetahui tipe batubara metalurginya. Selain mengolah data hasil uji petik, tim juga mengolah data hasil kegiatan PSDMBP dan data sekunder karakteristik batubara badan usaha yang telah melakukan uji laboratorium yang dapat diklasifikasikan untuk batubara metalurgi. Seluruh data kemudian diinput kedalam database, mencakup lokasi pengambilan sampel, sumber data, berikut karakteristik dan klasifikasi batubara metalurginya. Lokasi potensi batubara metalurgi yang terkonfirmasi berikut daerah yang diindikasikan kuat sebagai daerah yang memiliki potensi batubara metalurgi selanjutnya di plot ke dalam peta potensi batubara metalurgi Indonesia.

Tabel 1. Kriteria Parameter Klasifikasi Batubara Kokas / *Coking Coal* yang digunakan (disarikan dari Rance, 1975; Zimmerman, 1979; Lu dkk., 2013)

	Total Moisture (%,ar)	Volatile Matter (%,adb)	Crucible Swelling Number (CSN)	Coke Strenght after Reaction (CSR)*
Hard Coking Coal	<12	16-38	6-9	>55
Semi- Hard Coking coal		16-38	6-9	<55
Semi-Soft Coking coal		26-45	3-6	-
*tidak digunakan dalam laporan ini, dikarenakan analisisnya tidak dilakukan, sehingga penggolongan untuk Hard dan Semi Hard tidak dapat dilakukan.				

Tabel 2. Kriteria Parameter Klasifikasi Batubara PCI yang digunakan (disarikan dari Carpenter, 2010)

Jenis PCI Coal	Total Moisture (%ar)	Volatile Matter (%adb)	HGI
Low-Volatile PCI	<12	10-19	>40
High-Volatile PCI		20-45	

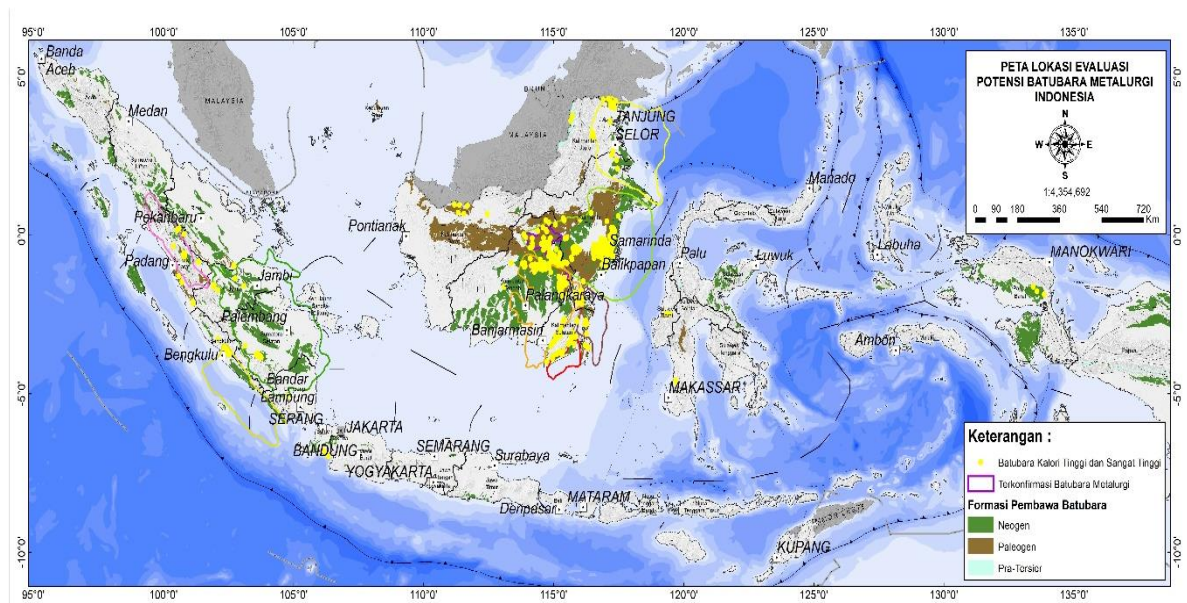
GEOLOGI REGIONAL

Wilayah penelitian mencakup seluruh wilayah / lokasi potensi batubara kalori tinggi dan sangat tinggi di Indonesia. Berdasarkan data neraca, sebagian besar penyebaran batubara kalori tinggi di Indonesia terdapat di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera serta sebagian kecil tersebar setempat di Pulau Jawa, Pulau Sulawesi dan Pulau Papua (Gambar 2). Di Indonesia, umumnya batubara kalori tinggi

(bituminus) ditemukan pada formasi pembawa batubara berumur Paleogen sedangkan batubara kalori rendah - sedang (lignit - subbituminus) banyak ditemukan pada formasi pembawa batubara berumur Neogen (Daulay dkk., 2000; Nas, 2005). Batubara berumur lebih tua (Paleogen) secara teori mendapat pengaruh tekanan, panas dan waktu yang lebih lama dari batubara berumur lebih muda (Neogen) sehingga memiliki peringkat yang lebih tinggi. Pada kondisi tertentu, diantaranya dengan adanya aktivitas tektonik / struktur ataupun karena adanya terobosan batuan beku, batubara muda berumur Neogen bisa meningkat peringkatnya. Oleh karena itu, sebagian batubara kalori tinggi Indonesia juga bisa ditemukan pada formasi pembawa batubara berumur Neogen.

Mengacu pada data neraca sumber daya batubara (Pusat Sumber Daya Mineral

Batubara dan Panas Bumi, 2022) serta peta geologi regional Indonesia, batubara kalori tinggi Indonesia berada pada formasi pembawa batubara diantaranya; Formasi Sawahlunto / Formasi Ombilin, Formasi Sihapas, Formasi Lakat, Anggota Bawah Formasi Telisa, Formasi Lemau, Formasi Muara Enim dan Formasi Talangakar di Pulau Sumatera; Formasi Kantu, Formasi Ketungau, Formasi Tanjung, Formasi Montalat, Formasi Batu Ayau, Formasi Pamaluan, Formasi Pulaubalang, Formasi Balikpapan, Formasi Naintopo dan Formasi Meliat di Pulau Kalimantan; Formasi Bayah di Pulau Jawa; Formasi Toraja di Pulau Sulawesi; dan Formasi Steenkool di Pulau Papua. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan terhadap batubara kalori tinggi dan sangat tinggi yang memiliki indikasi menjadi batubara metalurgi di wilayah Indonesia.



Gambar 2. Peta Sebaran Batubara Kalori Tinggi dan Sangat Tinggi di Indonesia

HASIL ANALISIS

Kegiatan karakterisasi, evaluasi dan verifikasi batubara kalori tinggi (batubara metalurgi) dilakukan sejak tahun 2018 hingga tahun 2022. Penelitian ini mencakup 76 lokasi yang tersebar di beberapa cekungan dan provinsi diantaranya Cekungan Ombilin di Provinsi Sumatera Barat, Cekungan Bengkulu di Provinsi Bengkulu, Cekungan Sumatera Selatan di Provinsi Sumatera Selatan, Cekungan Tarakan di Provinsi Kalimantan Utara, Cekungan Kutai di Provinsi Kalimantan Timur, Cekungan Pasir di Provinsi Kalimantan Timur, Cekungan Asem-asem di Provinsi Kalimantan Selatan, Cekungan Barito di Provinsi Kalimantan Tengah dan Selatan, dan Cekungan Kutai Bagian Atas di Provinsi Kalimantan Tengah (Gambar 3).

Analisis laboratorium yang dilakukan sangat beragam, akan tetapi analisis Free Swelling Index (FSI) atau Crucible Swelling Number (CSN) merupakan analisis yang sangat penting untuk mengidentifikasi batubara metalurgi. Berdasarkan beberapa parameter terutama nilai FSI/CSN nya, sebagian batubara yang dianalisis teridentifikasi merupakan batubara metalurgi / *coking coal*. Selain mengidentifikasi batubara *coking coal*, identifikasi juga dilakukan terhadap batubara metalurgi lain dengan jenis *low volatile PCI* yang dalam indeks pasar batubara termasuk jenis batubara metalurgi. Dari keseluruhan cekungan yang dianalisis, terdapat 4 cekungan yang terkonfirmasi

memiliki batubara metalurgi yaitu Cekungan Ombilin, Cekungan Bengkulu, Cekungan Barito, dan Cekungan Kutai.

Cekungan Ombilin

Pada Cekungan Ombilin pengambilan sampel batubara kalori tinggi dilakukan di enam lokasi yang berbeda. Hasil analisis memperlihatkan bahwa dari keenam lokasi tersebut terdapat empat lokasi yang memiliki potensi batubara metalurgi. Sampel batubara yang diambil berasal dari beberapa formasi pembawa batubara yaitu Formasi Ombilin, Formasi Sawahlunto, Formasi Sinamar / Sangkarewang, dan Formasi Sihapas yang berumur Oligosen – Miosen.

Dari hasil integrasi data didapatkan bahwa Cekungan Ombilin memiliki potensi batubara metalurgi. Potensi batubara tersebut meliputi Hipotetik 0 jt ton; Tereka 6,33 jt ton; Tertunjuk 2,47 jt ton, Terukur 2,22 jt ton; Terkira 2,29 jt ton; dan Terbukti 2,05 jt ton. Sehingga total potensi batubara yang ada di Cekungan Ombilin sebanyak 0 jt ton untuk total inventori, 11,01 jt ton untuk total sumberdaya, dan 4,34 jt ton untuk total cadangan.

Cekungan Bengkulu

Pada Cekungan Bengkulu pengambilan sampel batubara kalori tinggi dilakukan di tiga lokasi yang berbeda. Hasil analisis memperlihatkan bahwa dari ketiga lokasi tersebut terdapat dua lokasi yang memiliki potensi batubara metalurgi.

Sampel batubara yang diambil berasal dari formasi pembawa batubara yaitu Formasi Lemau yang berumur Miosen.

Dari hasil integrasi data didapatkan bahwa Cekungan Bengkulu memiliki potensi batubara metalurgi. Potensi batubara tersebut meliputi Hipotetik 0 jt ton; Tereka 0 jt ton; Tertunjuk 3,51 jt ton; Terukur 23,05 jt ton; Terkira 0,93 jt ton; dan Terbukti 8,57 jt ton. Sehingga total potensi batubara yang ada di Cekungan Bengkulu sebanyak 29,11 jt ton untuk total inventori, 26,57 untuk total sumberdaya, dan 9,51 untuk total cadangan.

Cekungan Barito

Pada Cekungan Barito pengambilan sampel batubara kalori tinggi dilakukan di 23 lokasi yang berbeda. Hasil analisis memperlihatkan bahwa dari 23 lokasi tersebut terdapat 10 lokasi yang memiliki potensi batubara metalurgi. Sampel batubara yang diambil berasal dari beberapa formasi pembawa batubara yaitu Formasi Warukin, Formasi Pamaluan, Formasi Kelinjau, dan Formasi Tanjung yang berumur Eosen – Miosen.

Dari hasil integrasi data didapatkan bahwa Cekungan Barito memiliki potensi batubara metalurgi. Potensi batubara tersebut meliputi Hipotetik 0 jt ton; Tereka 335,29 jt ton; Tertunjuk 185,57 jt ton; Terukur 243,51 jt ton; Terkira 17,31 jt ton; dan Terbukti 100,05 jt ton. Sehingga total potensi batubara yang ada di Cekungan Barito sebanyak 10,18 jt ton untuk total

inventori, 764,37 jt ton untuk total sumberdaya, dan 117,36 jt ton untuk total cadangan.

Cekungan Kutai

Pada Cekungan Kutai pengambilan sampel batubara kalori tinggi dilakukan di 37 lokasi yang berbeda. Hasil analisis memperlihatkan bahwa dari 37 lokasi tersebut terdapat 24 lokasi yang memiliki potensi batubara metalurgi. Sampel batubara yang diambil berasal dari beberapa formasi pembawa batubara yaitu Formasi Pulaubalang, Formasi Balikpapan, Formasi Pamaluan, Batupasir Haloq, Batu Kalu, Formasi Batu Ayau, Formasi Puruk Cahu, dan Formasi Tanjung yang berumur Eosen – Miosen.

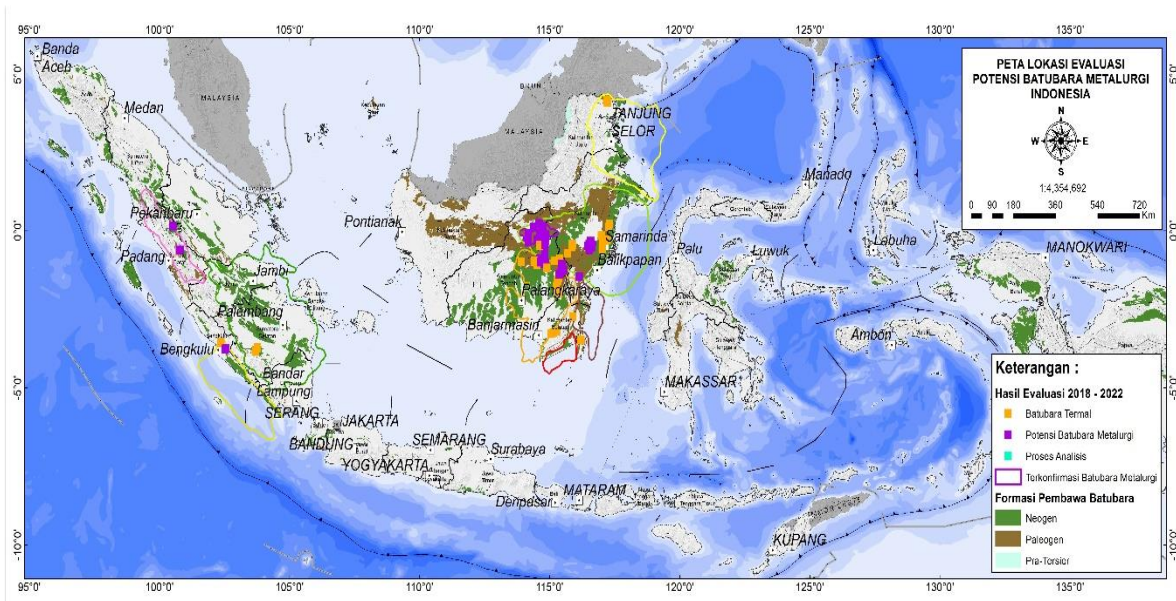
Dari hasil integrasi data didapatkan bahwa Cekungan Kutai memiliki potensi batubara metalurgi. Potensi batubara tersebut meliputi Hipotetik 0 jt ton; Tereka 928,06 jt ton; Tertunjuk 602,53 jt ton; Terukur 347,56 jt ton; Terkira 178,39 jt ton; dan Terbukti 142,62 jt ton. Sehingga total potensi batubara yang ada di Cekungan Kutai sebanyak 687,66 jt ton untuk total inventori, 1878,14 jt ton untuk total sumberdaya, dan 321,01 jt ton untuk total cadangan.

PEMBAHASAN

Dari 76 lokasi indikasi yang dilakukan evaluasi, 40 lokasi terkonfirmasi memiliki potensi batubara metalurgi. 40 lokasi tersebut tersebar di beberapa

cekungan dan provinsi diantaranya empat lokasi pada Cekungan Ombilin, dua lokasi pada Cekungan Bengkulu, tujuh lokasi pada Cekungan Kutai, sepuluh lokasi pada Cekungan Barito, dan 17 lokasi pada Cekungan Kutai bagian atas. Hingga status tahun 2022, jumlah total potensi sumber daya batubara metalurgi Indonesia 2,68

milyar ton dan cadangan 0,45 milyar ton, serta total inventori sebesar 0,73 milyar ton. Detail jumlah dan catatan tentang potensi batubara metalurgi dapat dilihat pada tabel 3 sedangkan untuk penyebaran lokasi yang sudah dievaluasi dan yang terkonfirmasi merupakan batubara metalurgi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Peta Sebaran Batubara Metalurgi Terkarakterisasi

Tabel 3. Jumlah Potensi Batubara Metalurgi Indonesia Tahun 2022

No	Provinsi	Total Inventori (Juta Ton)	Sumber Daya (Juta Ton)				Cadangan (Juta Ton)		
			Tereka	Tertunjuk	Terukur	Total Sumber Daya	Terkira	Terbukti	Total Cadangan
1	Kalimantan Tengah	697,84	1138,69	698,91	557,33	2394,93	183,41	236,64	420,05
2	Kalimantan Timur	-	124,65	89,19	33,74	247,59	12,29	6,03	18,32
3	Sumatera Barat	-	6,33	2,47	2,22	11,01	2,29	2,05	4,34
4	Bengkulu	29,11	-	3,51	23,05	26,57	0,93	8,57	9,51
Total Indonesia		726,95	1269,68	794,08	616,33	2680,1	198,92	253,29	452,22

Dari beberapa penelitian terdahulu disebutkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memanfaatkan batubara metalurgi. Disebutkan bahwa kebutuhan batubara metalurgi Indonesia semakin meningkat dan diperkirakan mencapai 1,5 juta ton hingga 2025 (Stanford, 2013). Sumber lain menyatakan bahwa Indonesia menggunakan batubara metalurgi sebesar 3,58 juta ton tahun 2010 meningkat menjadi 4,64 juta ton pada 2016 dan diperkirakan mencapai 10,6 juta ton pada tahun 2035. Oleh karena itu, Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan kebutuhan batubara metalurgi mengingat fokus pengembangan terhadap batubara tersebut semakin meningkat (Haryadi dan Suciyanti, 2018).

Kegiatan karakterisasi, evaluasi dan verifikasi batubara kalori tinggi (batubara metalurgi) pada tahun 2022 ini merupakan awal dari proses inventarisasi. Masih perlu dilakukan verifikasi dan juga eksplorasi pada wilayah-wilayah yang diyakini masih memiliki kemenerusan potensi batubara metalurgi. Selain verifikasi, validasi terhadap data sumber daya dan cadangan perlu dilakukan agar didapat data potensi batubara metalurgi yang akurat. Koordinasi antara pemerintah, badan usaha pemilik potensi batubara metalurgi dan badan usaha pengguna batubara metalurgi sangat diperlukan untuk meningkatkan pemanfaatan batubara terutama batubara metalurgi.

KESIMPULAN

Indonesia memiliki potensi batubara metalurgi yang menjanjikan. Dari 76 lokasi indikasi yang dilakukan evaluasi, 40 lokasi terkonfirmasi memiliki potensi batubara metalurgi yang tersebar pada empat cekungan yaitu Cekungan Ombilin, Cekungan Bengkulu, Cekungan Kutai, dan Cekungan Barito. Hingga status tahun 2022, jumlah total potensi sumber daya batubara metalurgi Indonesia 2,68 milyar ton dan cadangan 0,45 milyar ton yang berasal dari lokasi terdaftar, serta total inventori sebesar 0,73 milyar ton. Secara kualitas, batubara metalurgi di Indonesia dapat diklasifikasikan kedalam *hard coking coal* *semi hard coking coal* *semi soft coking coal* dan *low volatile PCI coal*.

Jumlah potensi batubara metalurgi hasil penelitian saat ini bersifat dinamis. Kedepannya, diperlukan bantuan dari badan usaha yang terkonfirmasi ataupun yang sedang melakukan eksplorasi / evaluasi terkait batubara metalurgi. Potensi batubara metalurgi tersebut harus dipisahkan dalam laporan RKAB baik itu sumberdaya dan cadangan batubara metalurginya, sehingga potensi batubara metalurgi dapat di update dengan data yang lebih akurat dan terbaru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi serta

Direktorat Pembinaan Pengusahaan
Batubara, Direktorat Jenderal Mineral dan
Batubara, Kementerian Energi dan Sumber

Daya Mineral yang telah membantu dalam
kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2021. *Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara (Grand Strategy Hilirisasi Batubara)*, Jakarta: Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara.
- Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, 2022. *Pemutakhiran data dan neraca sumber daya batubara, gambut, dan gas metana batubara*, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung: Laporan tidak dipublikasikan
- Arif, I., 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Carpenter, A. M., 2010. *Injection of Coal and Waste Plastics in Blast Furnaces*. United States: United States Energy Association - IEA Clean Coal Centre.
- Daulay, B., Santoso, B. & Ningrum, N. S., 2015. Evaluation of Selected High Rank Coal In Kutai Basin, East Kalimantan Relating to its Coking Properties. *Indonesian Mining Journal*, 18(1), pp. 1-10.
- Friederich, M. C. & Leeuwen, T. v., 2017. A review of the history of coal exploration, discovery and production in Indonesia: The interplay of legal framework, coal geology and exploration strategy. *International Journal of Coal Geology*, Volume 178, pp. 1-59.
- Haryadi, H. & Suciyanti, M., 2018. Analisis Perkiraan Kebutuhan Batubara Untuk Industri Domestik Tahun 2020-2035 dalam Mendukung Kebijakan Domestic Market Obligation dan Kebijakan Energi Nasional. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(1), pp. 59-73.
- Hasan, M. H., Mahlia, T. M. I. & Nur, H., 2012. A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), pp. 2316-2328.
- Kumar, D. & Kumar, D., 2015. Evaluation of Coking Coal Resources and Reserves. Dalam: 1. Edition, penyunt. *Management of Coking Coal Resources*. Amsterdam: Elsevier, pp. 61-112.
- Lucarelli, B., 2015. *Government as creator and destroyer. Indonesia's rapid rise and possible decline as steam coal supplier in Asia*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 294-374.

- Lu, L., Devasahayam, S. & Sahajwalla, V., 2013. Evaluation of Coal for Metallurgical Applications. Dalam: 2. Edition, penyunt. *The Coal Handbook*. New South Wales: Woodhead Publishing Limited, pp. 352-386.
- Nas, C., 2005. Coking coals in Indonesia: occurrences and properties, Bandung: Indonesian mineral and coal discoveries. Indonesian Association of Geologists.
- Rance, H. C., 1975. *Coal Quality Parameters and their influence in coal utilization*, s.l.: Shell International Petroleum Co. Ltd.
- Stanford, C. E., 2013. Coal Resources, Production, and Use in Indonesia. Dalam: 2. Edition, penyunt. *The Coal Handbook*. New South Wales: Woodhead Publishing Limited, pp. 200-219.
- Wiranata, B., Amijaya, H., Anggara, F. & Tanggara, D. N. S. P., 2020. Pengaruh Kandungan Abu dan Zat Terbang Terhadap Maksimum Fluiditas Batubara Formasi Tanjung di Daerah Sekako, Provinsi Kalimantan Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 15(2), pp. 117-128.
- Zimmerman, R. E., 1979. *Evaluating and Testing the Coking Properties of Coal*. San Fransisco: Miller Freeman Publication. Inc.

EVALUASI LOGAM TANAH JARANG (LTJ) DALAM BATUBARA DAN ABU BATUBARA KALIMANTAN

Soleh Basuki Rahmat, Sigit Arso Wibisono, dan Penny Oktaviani

Kelompok Kerja Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Keberadaan Logam Tanah Jarang/Rare Earth Element (LTJ/REE) di alam terbatas jumlahnya, namun mempunyai kelimpahan unsur-unsur yang cukup tinggi. Semakin majunya teknologi mengakibatkan permintaan LTJ dunia semakin tinggi sementara ketersediaannya tidak menunjukkan penambahan secara signifikan. Untuk itu diperlukan sumber lain, seperti batubara dan abunya. Evaluasi potensi LTJ pada batubara dan abunya di daerah terpilih di Kalimantan dilakukan untuk mengetahui gambaran kandungan LTJ dalam batubara dan abunya.

Evaluasi kandungan LTJ dalam batubara dan abu batubara di Kalimantan dilakukan pada daerah terpilih di Kalimantan Selatan. Metode yang dilakukan adalah *grab sampling* pada singkapan batubara untuk kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis kandungan LTJ nya.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa total kandungan REE pada batubara dan abu batubaranya sangat bervariasi dari rendah hingga sangat tinggi. Sementara kelimpahan unsur REE dari sampel batubara dan abunya didominasi unsur *Heavy* (HREE). Untuk potensi di bidang industri, REE di daerah evaluasi secara umum memiliki potensi cukup baik. Akan tetapi dilihat dari kandungan REE Oksida (REO_{ash})-nya, hanya satu sampel di daerah evaluasi yang masuk kedalam kategori menjanjikan untuk diusahakan secara ekonomis. Hal ini disebabkan oleh tingginya nilai *cut-off grade* REO_{ash} yang dipakai.

Untuk itu perlu adanya study lebih lanjut untuk dapat menentukan nilai dari REO_{ash} pada abu batubara Indonesia agar dapat diketahui dengan lebih baik nilai *cut-off grade* REO_{ash} untuk abu batubara Indonesia.

Kata kunci: Rare Earth Element (REE)/Logam Tanah Jarang (LTJ), batubara Kalimantan, abu batubara

PENDAHULUAN

Logam Tanah Jarang / *Rare Earth Element* (LTJ/REE) atau Unsur Tanah

Jarang (UTJ) merupakan kelompok unsur logam yang termasuk dalam kelompok transisi atau golongan kimia lantanida

(**Gambar 1**). Kandungan atau deposit LTJ di alam terbatas jumlahnya, namun mempunyai kelimpahan unsur-unsur yang cukup tinggi. LTJ termasuk salah satu unsur alam strategis yang sangat berharga dan banyak dibutuhkan dalam kehidupan modern. Umumnya, LTJ terdapat dalam tubuh biji batuan, namun hasil penelitian modern menunjukkan bahwa LTJ dapat terkonsentrasi dalam batubara (Seredin dan Dai, 2012; Seredin dkk., 2013; Dai dkk., 2012; dan Seredin 1996). Penelitian lain menunjukkan unsur LTJ dapat terkonsentrasi cukup besar dalam abu batubara (Anggara dkk., 2018; Blissett dkk., 2014; Dai dkk., 2016, 2012a, 2012b;

Seredin, 1996; Seredin dkk., 2013; Seredin dan Dai, 2012; Tambaria dkk., 2017).

METODOLOGI

Metodologi yang dipakai dalam dalam evaluasi ini terdiri dari:

- Pengumpulan dan pengelompokan data dari kegiatan penelitian terdahulu (data sekunder);
- Pemilihan sampel batubara dari daerah terpilih untuk dinalisis di laboratorium;
- Analisis laboratorium;
- Pengolahan dan pengevaluasian data.

[illegible]

Gambar 1. Posisi *Rare Earth Elements* ditambah *scandium* (Sc) dan *yttrium* (Y) dalam tabel periodik unsur (Rare Element Resources Ltd, 2016)

Provinsi	2018	2019	2020	2021	2022	Total 2018-2022	Kontribusi (%)
Kalimantan Timur	207,2	228,2	212,8	212,8	54,7	915,6	60,7
Kalimantan Selatan	82,2	91,8	78,3	69,4	27,8	349,4	23,2
Kalimantan Utara	19,9	20,7	18,4	20,7	6,6	86,2	5,7
Sumatera Selatan	15,0	15,5	14,3	20,6	7,2	72,5	4,8
Aceh	5,0	7,5	8,0	9,5	3,2	33,3	2,2
Provinsi Lain	13,8	11,3	9,7	12,5	3,9	51,2	3,4
Total Volume Ekspor Batu Bara	343,1	374,9	341,5	345,5	103,2	1.508,3	100,0

Sumber: BPS

Gambar 2. Ekspor batubara Indonesia per provinsi (Datanesia, 2022)

GEOLOGI REGIONAL

Pulau Kalimantan berada di bagian tenggara lempeng Eurasia. Berbatasan di utara dengan Cekungan Laut Cina Selatan, di sebelah timur Sabuk Laut Filipina dan Lempeng Laut Filipina dan di sebelah selatan dengan Sistem Busur Banda dan Sunda (**Gambar 3**). Dibagian barat dibatasi oleh Sunda Shelf dan kerak benua Paleozoikum dan Mesozoikum dari Semenanjung Malay. Blok Besar Kalimantan dikelilingi oleh batas lempeng dan sistem busur pada bagian utara, timur dan selatan yang aktif selama Tersier hingga saat ini dan dibatasi oleh bagian barat yang belum tereksplor.

Pulau Kalimantan secara litologi tersusun oleh dua kelompok batuan berumur Paleozoikum dan batuan berumur Kenozoikum (Setyanta 2016; Santi & Panggabean, 2013; Hall & Nichols, 2002). Menurut Hutchison (1989), bagian barat Kalimantan dialasi oleh batuan Pra Kapur

Kontinen Sunda, sedangkan bagian Timur sebagian dialasi oleh kerak samudera. Pada Miosen Awal terjadi perubahan karakter sedimentasi di sekitar Kalimantan. Sejumlah besar sedimen klastik mulai mengisi cekungan laut dalam di utara dan timur pulau dan membentuk sistem delta mayor yang menjauh dari pulau tersebut (Hall & Nichol, 2002). Salah satu cekungan sedimen di Kalimantan adalah Cekungan Barito.

Cekungan Barito terletak di sebelah tenggara dari Kerak Sunda yang berumur Kapur (Satyana dan Silitonga, 1994). Cekungan ini berbatasan dengan Kompleks Schwaner di bagian barat-barat laut yang tersusun atas Grup Metamorf Pinoh, batuan beku plutonik granitik dan tonalitik, dan batuan vulkanik. Bagian timur dibatasi Kompleks Meratus yang terbentuk dari hasil subduksi dan juga hasil peristiwa kolisi dan akresi sepanjang bagian timur Kerak Sunda selama Kapur Tengah. Di

bagian utara, dibatasi oleh Cekungan Kutai, Sesar Adang yang memiliki trend arah relatif barat-laut-tenggara, dan Tinggian Kuching, sementara di bagian selatan dibatasi oleh Laut Jawa (**Gambar 3**) (Witz et al., 2012).

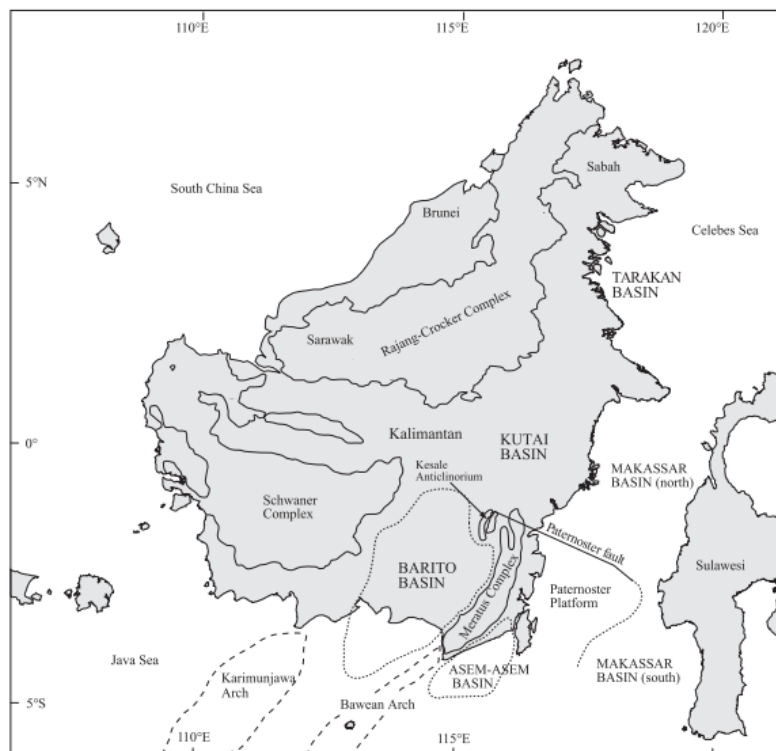
PEMILIHAN SAMPEL

Berdasarkan hasil evaluasi literatur, dilakukan pengambilan sample batubara di daerah PT. Antang Gunung Meratus (AGM) di Kalimantan Selatan (**Gambar 4**).

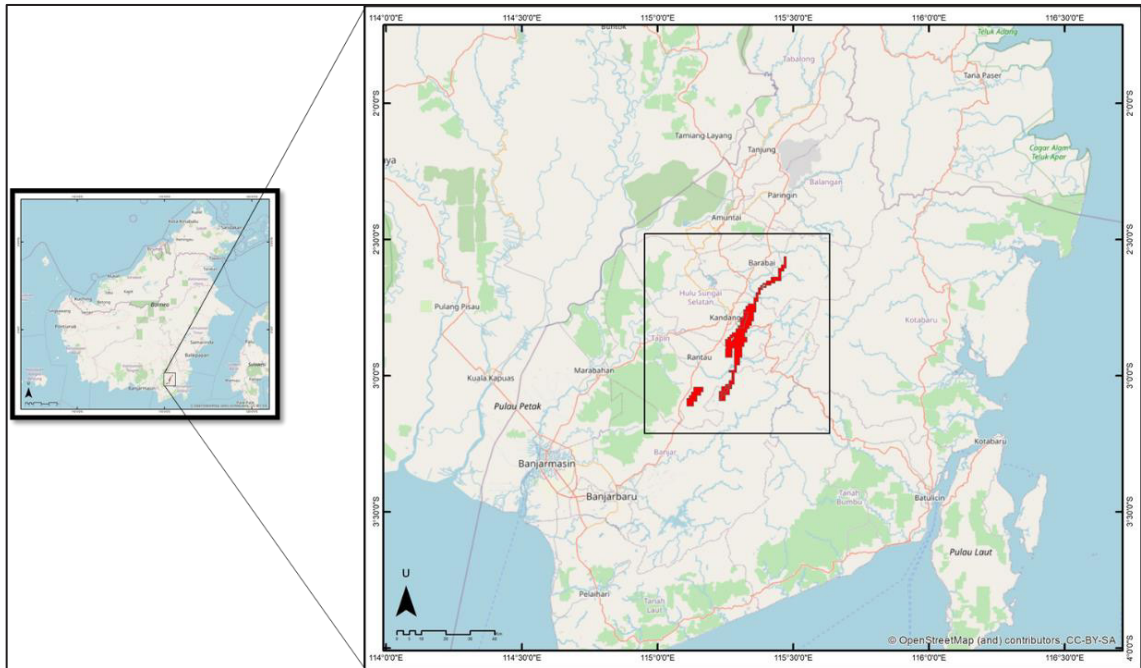
Daerah PT. AGM dipilih karena memiliki batubara yang termasuk dalam Formasi Tanjung dan Formasi Warukin yang dicurigai memiliki pengkayaan LTJ pada batubaranya. Dari hasil uji petik didapatkan sampel batubara dan sampel batuan lain yang merupakan bagian *roof*,

interburden dan *floor*. Pengambilan sampel dilakukan pada singkapan batubara. Bagian yang diambil berasal dari bagian atap (*roof*), lapisan batubaranya sendiri, juga lapisan alas (*floor*) (**Gambar 5**). Apabila perlapisan batubara memiliki beberapa sisipan atau *interburden*, maka sampel diambil dari bagian atas dan bawah serta lapisan *interburden*nya sendiri.

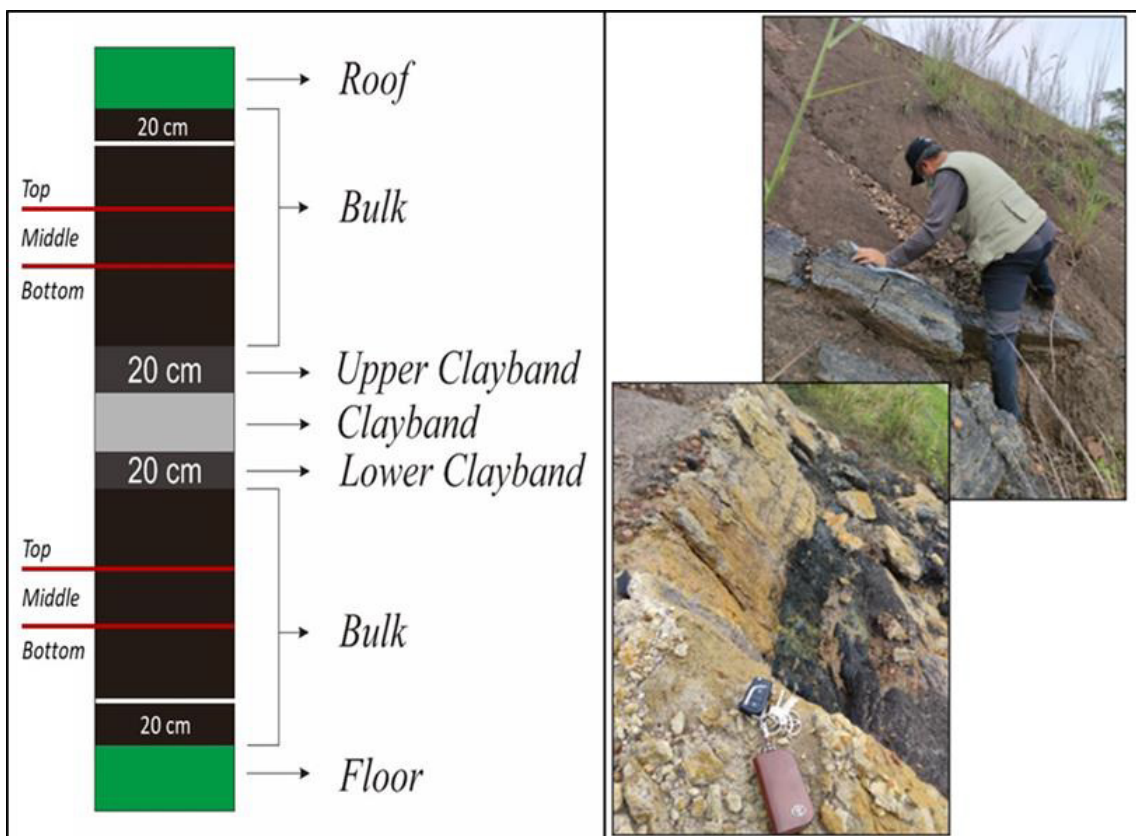
Batubara dari Formasi Tanjung mempunyai warna coklat kehitaman, kilap terang, pecahan konkoidal, berlapis, keras dan memiliki pecahan *cleat* dan *butt* yang cukup intensif (**Gambar 6**). Sementara batubara dari Formasi Warukin memiliki warna hitam, kilap agak terang-kusam, pecahan *blocky*, keras (**Gambar 7**). Sampel-sampel tersebut kemudian dikirim ke laboratorium ALS di Kanada.



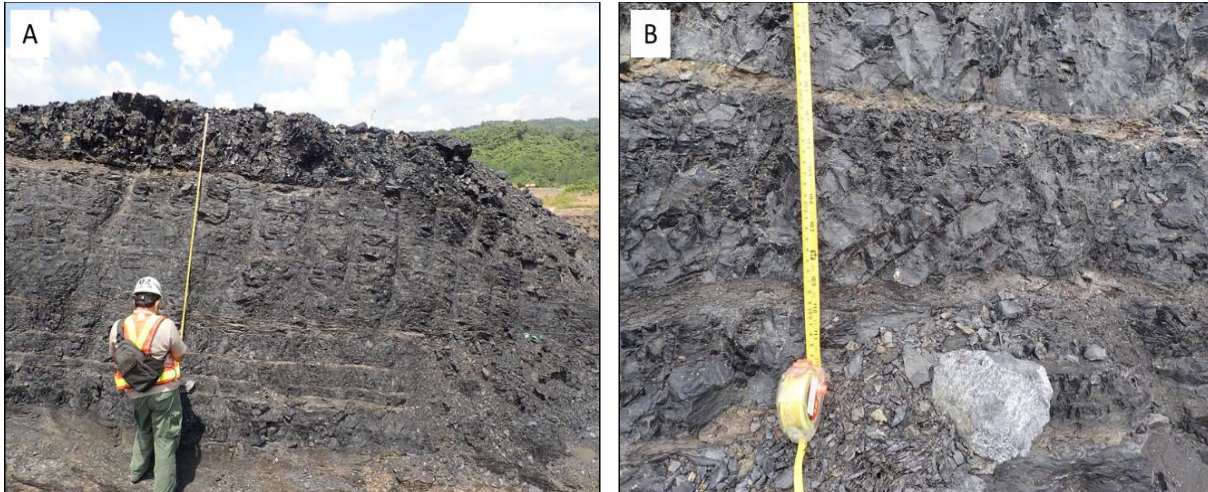
Gambar 3. Fisiografi Cekungan Barito, dengan fitur geologi utamanya (Witts et al., 2012)



Gambar 4. Lokasi pengambilan sample batubara untuk keperluan laboratorium



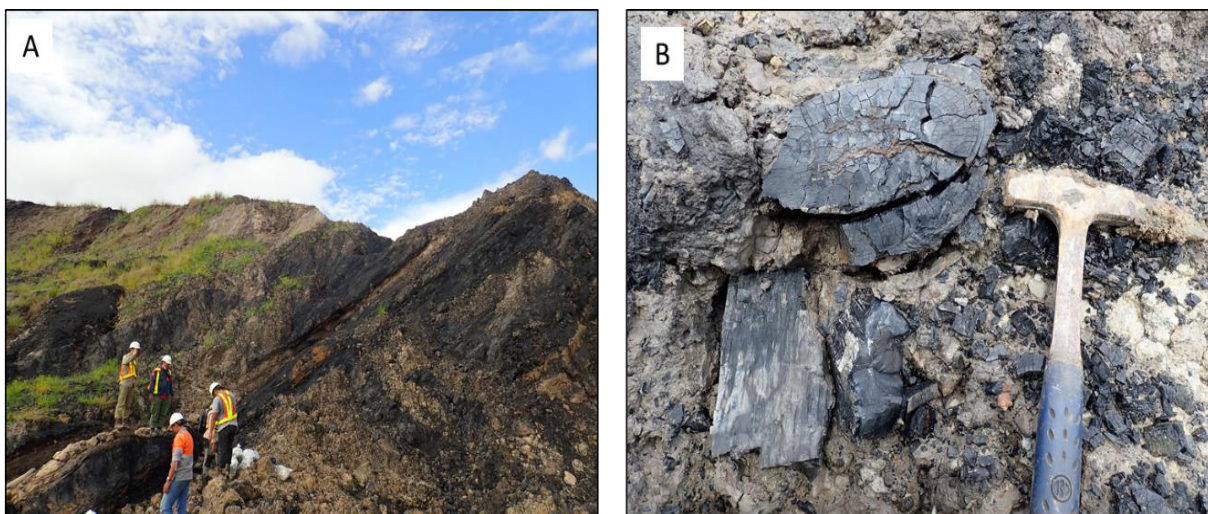
Gambar 5. Ilustrasi pengambilan sampel di daerah uji petik



Gambar 6. Kenampakkan batubara Formasi Tanjung yang ada di wilayah PT. AGM.

(A) Perlapisan batubara dengan parting batulempung berwarna coklat.

(B) Retakan *cleat* dan *butt* yang cukup intensif pada perlapisan batubara



Gambar 7. Kenampakkan batubara Formasi Warukin. (A) Lapisan batubara dengan ketebalan > 2m.

(B) Struktur kayu yang masih terlihat pada lapisan batubara

Hasil Analisis Laboratorium

Sebanyak 70 sampel yang terdiri dari sampel batubara, dan batuan lain dikirim ke laboratorium ALS di Kanada untuk dianalisis *major*, *trace*, serta *rare earth element*-nya. Sementara untuk

analisis proksimat dan ultimat, analisisnya dilakukan di laboratorium PSDMBP.

Hasil analisis kandungan LTJ dari laboratorium ALS dapat dilihat pada Tabel 1 sementara hasil analisis proksimat dan ultimat dari lab PSDMBP dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil analisis *major, trace*, serta *rare earth element*/ LTJ pada batubara, abu batubara dan batuan lainnya di daerah evaluasi

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21 Recvd Wt.	ME-MS81 Ba ppm	ME-MS81 Ce ppm	ME-MS81 Cr ppm	ME-MS81 Cs ppm	ME-MS81 Dy ppm	ME-MS81 Er ppm	ME-MS81 Eu ppm	ME-MS81 Ga ppm	ME-MS81 Gd ppm	ME-MS81 Ge ppm	ME-MS81 Hf ppm	ME-MS81 Ho ppm	ME-MS81 La ppm	ME-MS81 Lu ppm
		kg 0.02	0.5	0.1	5	0.01	0.05	0.03	0.02	0.1	0.05	0.5	0.05	0.01	0.1	0.01
ACM-B6 FLOOR		<0.02	183.0	38.6	97	9.71	3.07	1.99	0.77	20.7	2.97	0.7	3.91	0.65	19.0	0.33
ACM-B6 1A		<0.02	17.7	2.2	<5	0.04	0.31	0.15	0.06	1.1	0.24	<0.5	0.12	0.06	1.0	0.03
ACM-B6 1B		<0.02	58.2	14.8	27	1.50	2.11	1.27	0.44	6.3	1.77	<0.5	1.14	0.45	6.4	0.23
ACM-B6 1C		<0.02	22.1	2.4	<5	0.04	0.45	0.28	0.09	1.9	0.41	<0.5	0.15	0.09	0.9	0.04
FAI		0.02	1760	45.8	68	3.22	4.16	2.54	0.97	13.0	4.39	1.9	3.75	0.92	22.0	0.39
ACM-B5 FLOOR		<0.02	161.0	44.8	134	2.21	3.39	2.14	0.73	9.7	3.51	0.6	7.55	0.73	22.0	0.37
ACM-B5 1A		<0.02	21.2	1.0	<5	0.07	0.21	0.11	0.03	0.8	0.18	<0.5	0.11	0.03	0.5	0.02
ACM-B5 1B		<0.02	25.9	5.9	8	0.14	0.83	0.47	0.15	1.5	0.73	<0.5	0.54	0.17	2.6	0.08
ACM-B5 1C		<0.02	18.0	3.9	9	0.08	1.01	0.88	0.17	3.0	0.84	<0.5	0.32	0.27	1.4	0.14
ACM-B5 2A		<0.02	34.9	4.0	<5	0.06	1.14	0.71	0.19	3.9	0.93	<0.5	1.43	0.25	1.4	0.10
ACM-B5 2B		<0.02	41.7	5.8	<5	0.04	1.00	0.54	0.23	2.5	0.94	<0.5	0.78	0.21	2.6	0.08
ACM-B5 2C		<0.02	4.1	0.6	<5	<0.01	0.08	0.06	<0.02	0.6	0.08	<0.5	0.05	0.02	0.3	0.01
ACM-B5 P1		<0.02	132.5	6.4	6	0.16	1.53	0.92	0.27	25.3	1.16	<0.5	3.28	0.33	2.1	0.16
ACM-B5 ROOF		<0.02	117.0	41.6	86	2.70	3.40	1.81	0.93	10.2	3.79	0.7	4.75	0.67	18.8	0.30
ACM-B4 FLOOR		<0.02	250	39.1	89	10.80	3.29	1.95	0.78	24.1	3.20	<0.5	3.74	0.65	18.4	0.29
ACM-B4 1A		<0.02	30.6	5.6	5	0.16	1.19	0.65	0.22	5.3	1.06	<0.5	1.57	0.24	2.2	0.10
ACM-B4 1B		<0.02	72.2	10.4	19	1.65	1.46	0.90	0.22	5.2	1.06	<0.5	1.09	0.30	6.0	0.15
ACM-B4 1C		<0.02	80.6	7.0	36	2.10	1.79	1.36	0.24	7.6	1.23	<0.5	1.54	0.45	3.6	0.24
ACM-B4 2A		<0.02	26.8	4.2	<5	0.25	1.07	0.64	0.22	2.5	0.92	<0.5	0.62	0.22	1.4	0.11
ACM-B4 2B		<0.02	33.8	5.3	<5	0.11	0.98	0.60	0.21	3.7	0.73	<0.5	1.06	0.21	2.4	0.10
ACM-B4 P1		<0.02	150.0	8.7	11	0.57	1.76	1.02	0.34	28.4	1.36	<0.5	2.95	0.37	3.0	0.18
ACM-B4 ROOF		<0.02	90.8	32.9	78	1.81	3.21	1.80	0.87	7.6	3.63	0.7	3.61	0.67	15.4	0.25
ACM-B3 FLOOR		<0.02	53.7	44.3	62	0.61	4.78	2.56	1.29	26.4	5.05	0.7	6.08	0.94	19.0	0.38
ACM-B3 1A		<0.02	23.9	16.0	9	0.23	2.93	1.74	0.58	9.8	2.50	<0.5	2.82	0.60	6.7	0.28
ACM-B3 1B		<0.02	14.2	13.3	11	0.07	2.32	1.49	0.48	4.8	2.16	<0.5	1.62	0.50	5.2	0.23
ACM-B3 1C		<0.02	7.8	10.2	11	0.04	2.14	1.31	0.44	4.1	2.00	<0.5	1.24	0.51	4.0	0.19
ACM-B3 2		<0.02	17.8	8.2	9	0.10	2.59	1.61	0.45	7.7	1.83	<0.5	3.49	0.55	3.5	0.26
ACM-B3 3A		<0.02	17.6	10.7	7	0.08	2.85	1.82	0.50	6.5	2.36	<0.5	3.27	0.60	4.6	0.23
ACM-B3 3B		<0.02	19.7	11.8	11	0.05	3.25	2.01	0.64	3.9	2.74	<0.5	2.22	0.74	4.9	0.29
ACM-B3 3C		<0.02	21.5	10.0	12	0.13	3.15	1.88	0.50	7.9	2.43	<0.5	3.43	0.65	4.3	0.28
ACM-B3 4A		<0.02	44.8	14.0	9	0.14	3.32	1.92	0.63	7.2	2.88	<0.5	2.50	0.68	5.7	0.27
ACM-B3 4B		<0.02	22.6	15.4	7	0.04	3.65	2.29	0.76	4.1	3.27	<0.5	2.60	0.78	6.7	0.33
ACM-B3 4C		<0.02	33.3	15.0	10	0.18	3.89	2.27	0.73	7.8	3.17	<0.5	4.04	0.81	6.3	0.35
ACM-B3 5A		<0.02	47.0	12.3	<5	0.11	2.64	1.54	0.48	14.9	2.14	<0.5	4.02	0.57	5.5	0.23
ACM-B3 5B		<0.02	36.2	11.4	5	0.09	2.71	1.62	0.49	15.2	2.13	<0.5	4.81	0.55	4.9	0.23
ACM-B3 5C		<0.02	25.4	12.8	6	0.06	3.45	2.04	0.73	8.5	2.78	<0.5	3.89	0.73	5.1	0.26
ACM-B3 6A		<0.02	61.5	15.0	12	0.08	2.59	1.50	0.49	14.6	2.27	<0.5	4.63	0.50	6.9	0.21
ACM-B3 6B		<0.02	26.0	10.4	<5	0.04	1.93	1.09	0.42	3.1	1.64	<0.5	1.68	0.40	4.8	0.15
ACM-B3 6C		<0.02	25.4	8.9	<5	0.04	2.21	1.26	0.41	2.8	1.82	<0.5	2.27	0.46	4.0	0.17
ACM-B3 7A		<0.02	26.3	57.9	17	1.16	7.06	4.08	1.54	5.9	7.44	<0.5	2.69	1.45	25.2	0.57

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
		Nb	Nd	Pr	Rb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		0.05	0.1	0.02	0.2	0.5	0.03	0.5	0.1	0.1	0.01	0.05	0.01	0.05	5	0.5
AGM-B6 FLOOR		12.00	18.4	4.58	84.4	21.3	3.88	1.6	43.6	0.9	0.47	10.50	0.31	2.09	150	2.7
AGM-B6 1 A		0.24	1.3	0.31	0.7	1.3	0.27	<0.5	24.8	<0.1	0.04	0.24	0.02	0.07	5	<0.5
AGM-B6 1 B		3.31	8.3	1.98	14.4	11.0	1.98	<0.5	33.5	0.2	0.29	2.76	0.20	0.66	55	0.7
AGM-B6 1 C		0.33	1.5	0.31	0.6	2.9	0.42	<0.5	30.0	<0.1	0.06	0.31	0.04	0.09	9	0.5
FAI		8.85	23.2	5.42	40.1	15.9	4.79	1.9	601	0.6	0.70	8.72	0.40	2.51	89	1.8
AGM-B5 FLOOR		9.76	20.9	5.47	33.0	10.3	4.29	1.7	40.9	0.8	0.53	8.83	0.34	2.42	74	1.7
AGM-B5 1 A		0.32	0.6	0.11	1.2	0.7	0.16	<0.5	10.1	<0.1	0.02	0.16	0.02	<0.05	<5	<0.5
AGM-B5 1 B		0.81	3.3	0.76	2.1	2.2	0.86	<0.5	33.1	<0.1	0.12	0.82	0.08	0.21	10	<0.5
AGM-B5 1 C		0.99	2.6	0.56	0.8	3.4	0.59	<0.5	35.8	<0.1	0.17	1.05	0.13	0.30	18	<0.5
AGM-B5 2 A		1.08	3.1	0.62	0.8	4.2	0.83	<0.5	76.4	0.1	0.19	0.91	0.10	0.25	21	0.5
AGM-B5 2 B		0.93	3.6	0.71	0.4	3.3	0.99	<0.5	74.7	<0.1	0.16	1.05	0.08	0.16	16	<0.5
AGM-B5 2 C		0.13	0.4	0.09	<0.2	<0.5	0.10	<0.5	5.6	<0.1	0.01	0.10	0.01	<0.05	<5	<0.5
AGM-B5 P1		5.30	4.1	0.90	2.0	12.0	1.18	0.5	43.0	0.6	0.24	5.04	0.16	1.29	52	1.0
AGM-B5 ROOF		7.45	21.6	5.24	44.8	11.6	4.69	1.3	47.6	0.5	0.56	6.73	0.27	1.86	67	1.5
AGM-B4 FLOOR		12.45	19.2	4.92	102.5	18.9	4.13	1.6	98.2	0.9	0.53	10.10	0.29	2.24	114	1.8
AGM-B4 1 A		1.59	3.8	0.78	2.3	4.6	0.95	<0.5	50.3	0.2	0.19	1.54	0.11	0.38	20	<0.5
AGM-B4 1 B		2.63	4.6	1.20	17.1	6.5	1.20	<0.5	56.4	0.1	0.20	2.54	0.14	0.56	36	0.6
AGM-B4 1 C		3.85	4.0	0.88	21.3	9.3	0.84	<0.5	35.7	0.2	0.26	3.66	0.23	0.88	66	0.7
AGM-B4 2 A		0.94	3.1	0.63	2.1	3.1	0.88	<0.5	33.9	<0.1	0.16	0.57	0.10	0.13	12	<0.5
AGM-B4 2 B		0.99	3.2	0.67	1.0	4.4	0.74	<0.5	73.2	<0.1	0.16	0.56	0.09	0.16	22	<0.5
AGM-B4 P1		7.06	5.6	1.22	6.9	12.8	1.54	0.8	49.6	0.7	0.25	5.30	0.18	1.34	45	1.1
AGM-B4 ROOF		5.91	17.8	4.25	31.5	11.0	3.91	1.1	40.9	0.4	0.55	5.49	0.26	1.74	58	1.2
AGM-B3 FLOOR		10.90	25.0	5.60	2.3	18.0	5.59	2.2	75.8	0.8	0.82	8.54	0.39	1.79	127	1.1
AGM-B3 1 A		2.50	10.3	2.19	2.1	5.8	2.82	1.0	44.1	0.2	0.46	2.32	0.29	0.60	50	<0.5
AGM-B3 1 B		2.14	8.3	1.82	0.5	5.8	2.18	0.5	31.9	0.1	0.33	1.73	0.21	0.44	47	0.7
AGM-B3 1 C		1.19	6.7	1.42	0.3	4.7	1.82	0.6	18.7	0.1	0.32	1.63	0.21	0.35	38	<0.5
AGM-B3 2		3.19	6.0	1.18	0.6	8.7	1.92	0.9	42.5	0.2	0.36	2.28	0.26	0.67	80	<0.5
AGM-B3 3 A		2.51	7.1	1.49	0.6	7.8	1.94	1.0	59.2	0.1	0.43	2.41	0.28	0.78	53	<0.5
AGM-B3 3 B		2.23	8.1	1.74	0.4	8.9	2.29	5.2	62.4	<0.1	0.50	1.37	0.30	0.49	75	<0.5
AGM-B3 3 C		2.07	6.5	1.38	0.8	11.2	1.96	1.6	49.6	0.2	0.45	2.43	0.29	0.51	77	<0.5
AGM-B3 4 A		4.13	8.9	2.10	0.5	10.9	2.34	1.0	72.5	0.2	0.49	0.95	0.29	0.31	90	0.5
AGM-B3 4 B		2.17	10.0	2.25	0.3	8.8	2.48	0.8	77.9	0.1	0.54	1.59	0.34	0.46	55	1.3
AGM-B3 4 C		3.21	9.3	2.12	1.2	10.0	2.57	1.3	71.1	0.2	0.56	2.83	0.35	0.73	55	0.5
AGM-B3 5 A		4.38	7.1	1.68	0.9	8.3	1.98	1.9	31.3	0.4	0.38	1.81	0.23	0.47	24	0.5
AGM-B3 5 B		3.58	7.0	1.62	0.7	7.7	1.82	2.3	48.5	0.4	0.36	2.85	0.22	0.57	26	<0.5
AGM-B3 5 C		3.39	8.5	1.88	0.4	11.0	2.15	1.3	56.5	0.2	0.52	1.87	0.29	0.53	54	<0.5
AGM-B3 6 A		13.65	7.8	1.94	0.6	8.9	2.04	2.5	49.8	1.1	0.34	3.39	0.22	0.88	51	1.3
AGM-B3 6 B		4.73	6.0	1.38	0.2	4.8	1.42	0.7	28.7	0.3	0.27	0.84	0.16	0.30	22	<0.5
AGM-B3 6 C		2.63	5.6	1.20	0.3	5.0	1.44	0.5	33.5	0.1	0.31	0.69	0.19	0.28	15	<0.5
AGM-B3 7 A		5.18	30.3	7.50	5.7	8.9	7.00	0.7	34.3	0.1	1.14	1.96	0.60	0.58	39	<0.5

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06
		Zr	V2O5	Zr	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Cr2O3	TiO2	MnO	P2O5	SiO
		ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
AGM-B6 FLOOR		19.0	1.94	147	45.2	18.35	2.08	0.05	0.40	0.12	1.36	0.014	0.83	0.01	0.03	0.01
AGM-B6 1A		2.1	0.15	5	1.32	0.65	0.63	0.10	0.02	0.03	0.01	<0.002	0.02	<0.01	0.04	<0.01
AGM-B6 1B		13.4	1.26	49	10.10	4.30	0.96	0.10	0.08	0.05	0.25	0.003	0.22	<0.01	0.10	<0.01
AGM-B6 1C		3.8	0.21	6	1.52	0.98	0.74	0.14	0.03	0.03	0.02	<0.002	0.03	<0.01	0.06	<0.01
FA1		29.8	2.55	134	27.9	10.35	21.1	22.5	11.45	0.71	0.87	0.011	0.66	0.23	0.10	0.07
AGM-B5 FLOOR		21.9	2.22	289	71.7	9.66	2.89	0.11	0.20	0.18	0.68	0.020	0.67	0.02	0.05	<0.01
AGM-B5 1A		1.1	0.12	5	1.94	1.18	0.89	0.79	0.41	0.07	0.05	<0.002	0.04	0.01	<0.01	<0.01
AGM-B5 1B		5.7	0.48	19	5.79	2.25	1.53	0.27	0.10	0.06	0.06	0.002	0.06	<0.01	<0.01	0.01
AGM-B5 1C		8.4	0.87	11	1.97	1.18	1.23	0.25	0.05	0.01	0.03	<0.002	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
AGM-B5 2A		7.1	0.64	52	3.84	2.83	0.90	0.56	0.11	0.09	0.02	<0.002	0.13	<0.01	<0.01	0.01
AGM-B5 2B		5.7	0.58	30	2.05	1.68	1.41	0.45	0.12	0.09	0.02	<0.002	0.08	<0.01	<0.01	0.01
AGM-B5 2C		0.5	0.05	2	0.66	0.43	0.51	0.10	0.04	0.04	0.01	<0.002	0.02	<0.01	0.01	<0.01
AGM-B5 P1		7.5	1.08	98	21.1	16.45	0.84	0.18	0.20	0.01	0.07	<0.002	1.86	<0.01	0.03	0.01
AGM-B5 ROOF		19.0	1.80	173	75.9	9.72	4.36	0.22	0.31	0.48	0.91	0.012	0.55	0.05	0.04	0.01
AGM-B4 FLOOR		17.4	1.91	129	46.9	20.9	3.43	0.21	0.76	0.14	1.67	0.013	0.97	0.01	0.02	0.01
AGM-B4 1A		7.4	0.70	59	7.17	3.98	1.20	0.34	0.08	0.06	0.05	<0.002	0.28	0.01	0.01	0.01
AGM-B4 1B		9.8	1.04	37	10.00	4.55	2.01	0.22	0.18	0.09	0.36	0.004	0.22	<0.01	0.01	0.01
AGM-B4 1C		14.0	1.52	61	12.15	4.27	1.84	0.13	0.13	0.04	0.44	0.007	0.27	0.01	0.01	<0.01
AGM-B4 2A		5.7	0.54	25	3.49	2.43	1.44	0.45	0.13	0.15	0.06	<0.002	0.08	<0.01	0.01	0.01
AGM-B4 2B		4.9	0.60	43	2.31	1.75	0.50	0.17	0.08	0.11	0.04	<0.002	0.10	<0.01	0.04	0.01
AGM-B4 P1		8.4	1.13	96	29.2	21.9	2.15	0.13	0.36	0.07	0.18	0.002	2.33	<0.01	0.06	0.01
AGM-B4 ROOF		19.2	1.68	139	79.8	7.10	5.42	0.32	0.37	0.38	0.67	0.011	0.43	0.11	0.07	<0.01
AGM-B3 FLOOR		26.0	2.57	221	29.6	19.00	2.07	0.24	0.37	0.03	0.06	0.009	0.99	<0.01	0.01	0.01
AGM-B3 1A		17.8	1.74	103	11.40	5.90	0.83	0.21	0.10	0.04	0.07	<0.002	0.13	0.01	<0.01	0.01
AGM-B3 1B		14.9	1.37	56	5.04	3.08	0.44	0.14	0.07	0.03	0.02	0.002	0.13	<0.01	0.01	0.01
AGM-B3 1C		15.2	1.42	44	6.30	3.18	0.76	0.12	0.05	0.03	0.02	0.002	0.14	0.01	<0.01	<0.01
AGM-B3 2		14.8	1.61	125	6.34	3.47	0.26	0.13	0.06	0.01	0.01	<0.002	0.25	<0.01	<0.01	0.01
AGM-B3 3A		15.6	1.76	128	6.25	3.89	0.85	0.25	0.07	0.02	0.02	<0.002	0.27	0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 3B		18.0	1.96	89	4.81	2.76	0.28	0.32	0.06	0.02	0.02	<0.002	0.15	<0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 3C		15.8	1.86	123	10.20	5.80	0.82	0.16	0.08	0.02	0.02	0.002	0.42	0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 4A		17.9	1.74	109	8.24	6.34	0.33	0.38	0.12	0.01	0.02	<0.002	0.53	<0.01	0.03	0.01
AGM-B3 4B		20.5	2.13	101	4.76	2.74	0.52	0.41	0.07	0.03	0.01	<0.002	0.18	<0.01	0.01	0.01
AGM-B3 4C		20.9	2.27	153	9.44	5.50	0.41	0.30	0.08	0.01	0.02	<0.002	0.32	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 5A		13.5	1.55	158	10.75	8.36	0.71	0.18	0.13	0.04	0.02	<0.002	0.40	<0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 5B		13.3	1.49	187	11.65	8.93	0.49	0.20	0.12	0.05	0.02	<0.002	0.34	<0.01	0.03	<0.01
AGM-B3 5C		17.6	1.94	157	6.62	5.10	0.42	0.26	0.08	0.01	0.01	<0.002	0.24	<0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 6A		14.7	1.44	201	12.75	9.06	0.44	0.33	0.11	0.03	0.02	<0.002	0.78	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 6B		11.2	1.03	78	2.56	2.10	0.68	0.27	0.08	0.08	<0.01	<0.002	0.10	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 6C		11.1	1.24	94	4.01	1.65	0.38	0.29	0.07	0.05	<0.01	<0.002	0.09	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 7A		38.9	3.88	131	6.77	4.17	1.28	0.16	0.08	0.01	0.08	0.002	0.12	0.01	0.03	<0.01

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-ICP06	QA-GRAD05	TOT-ICP06
		BaO	LOI	Total
		%	%	%
AGM-B6 FLOOR		0.02	28.1	96.57
AGM-B6 1A		<0.01	95.8	98.62
AGM-B6 1B		0.01	82.1	98.27
AGM-B6 1C		<0.01	95.9	99.45
FAI		0.21	2.28	98.44
AGM-B5 FLOOR		0.02	15.30	101.50
AGM-B5 1A		0.01	93.8	99.19
AGM-B5 1B		<0.01	88.7	98.83
AGM-B5 1C		<0.01	91.9	96.64
AGM-B5 2A		<0.01	90.0	98.49
AGM-B5 2B		<0.01	93.4	99.31
AGM-B5 2C		<0.01	97.9	99.72
AGM-B5 P1		0.01	55.7	96.46
AGM-B5 ROOF		0.01	8.83	101.40
AGM-B4 FLOOR		0.03	25.2	100.26
AGM-B4 1A		<0.01	84.4	97.59
AGM-B4 1B		0.01	80.8	98.46
AGM-B4 1C		0.01	80.1	99.41
AGM-B4 2A		<0.01	90.1	98.35
AGM-B4 2B		<0.01	94.6	99.71
AGM-B4 P1		0.02	43.5	99.91
AGM-B4 ROOF		0.01	7.15	101.84
AGM-B3 FLOOR		0.01	47.9	100.30
AGM-B3 1A		<0.01	79.7	98.40
AGM-B3 1B		<0.01	89.2	98.17
AGM-B3 1C		<0.01	89.0	99.61
AGM-B3 2		<0.01	87.1	97.64
AGM-B3 3A		<0.01	88.3	99.94
AGM-B3 3B		<0.01	91.3	99.73
AGM-B3 3C		<0.01	82.0	99.55
AGM-B3 4A		0.01	83.8	99.82
AGM-B3 4B		<0.01	91.0	99.74
AGM-B3 4C		<0.01	83.6	99.70
AGM-B3 5A		0.01	79.2	99.81
AGM-B3 5B		<0.01	78.1	99.93
AGM-B3 5C		<0.01	86.8	99.55
AGM-B3 6A		0.01	76.3	99.85
AGM-B3 6B		<0.01	93.9	99.79
AGM-B3 6C		<0.01	93.2	99.76
AGM-B3 7A		<0.01	86.7	99.41

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21 Recvd Wt. kg	ME-MS81 Ba ppm	ME-MS81 Ce ppm	ME-MS81 Cr ppm	ME-MS81 Cs ppm	ME-MS81 Dy ppm	ME-MS81 Er ppm	ME-MS81 Eu ppm	ME-MS81 Ga ppm	ME-MS81 Gd ppm	ME-MS81 Ge ppm	ME-MS81 Hf ppm	ME-MS81 Ho ppm	ME-MS81 La ppm	ME-MS81 Lu ppm
AGM-B3 7B	<0.02	18.0	10.4	<5	0.03	2.07	1.24	0.43	2.1	2.00	<0.5	1.14	0.46	4.3	0.18	
AGM-B3 7C	<0.02	21.2	14.2	5	0.08	2.59	1.66	0.53	4.2	2.42	<0.5	2.60	0.59	6.0	0.25	
AGM-B3 8B	<0.02	17.6	6.2	<5	0.02	1.52	0.90	0.33	3.6	1.30	<0.5	1.56	0.30	2.7	0.11	
AGM-B3 8C	<0.02	21.6	11.8	5	0.05	2.48	1.50	0.47	3.6	2.38	<0.5	1.46	0.52	4.8	0.23	
AGM-B3 1B	<0.02	98.6	29.0	18	0.68	4.72	2.75	0.93	32.7	4.29	<0.5	7.77	0.97	12.4	0.38	
AGM-B3 P1	<0.02	61.1	55.7	7	0.91	6.82	4.22	1.48	30.9	6.90	<0.5	5.16	1.44	25.1	0.55	
AGM-B3 P2	<0.02	62.8	46.5	14	0.80	4.25	2.25	1.12	23.6	4.94	0.5	3.72	0.79	20.4	0.27	
AGM-B3 P3	<0.02	151.0	38.5	6	1.28	4.04	2.38	1.03	40.3	4.76	1.2	3.11	0.80	17.6	0.28	
AGM-B3 P4	<0.02	133.0	22.2	13	0.90	3.30	1.68	0.77	23.6	3.16	<0.5	3.47	0.63	10.2	0.25	
AGM-B3 P5	<0.02	78.2	13.4	6	0.51	2.01	1.24	0.45	17.8	1.82	<0.5	4.28	0.42	6.1	0.19	
AGM-B3 P6	<0.02	50.9	30.0	17	0.35	1.80	1.14	0.51	9.2	2.10	<0.5	4.64	0.37	14.9	0.16	
AGM-L5A ROOF	<0.02	62.5	32.9	50	1.94	2.71	1.35	0.67	4.6	2.98	0.8	5.50	0.51	15.3	0.21	
AGM-L5A 1	<0.02	40.2	12.0	14	0.21	2.33	1.24	0.48	6.3	2.51	0.5	0.88	0.50	5.0	0.14	
AGM-L5A 2A	<0.02	69.1	12.8	20	1.02	1.53	0.74	0.38	5.3	1.67	<0.5	1.08	0.28	6.5	0.10	
AGM-L5A 2B1	<0.02	37.4	0.9	<5	0.05	0.11	0.05	0.03	0.4	0.11	<0.5	0.08	0.02	0.4	0.01	
AGM-L5A 2B2	<0.02	56.5	6.3	6	0.06	0.66	0.36	0.23	0.8	0.96	<0.5	0.17	0.12	2.6	0.04	
AGM-L5A 2B3	<0.02	40.6	3.4	<5	0.07	0.23	0.10	0.04	1.3	0.21	<0.5	0.42	0.04	1.7	0.02	
AGM-L5A 2C	<0.02	40.1	8.0	12	0.02	0.75	0.47	0.17	4.8	0.87	<0.5	0.95	0.17	4.1	0.07	
AGM-L5A 3A	<0.02	56.3	12.7	<5	0.08	2.54	1.14	0.67	0.9	3.20	<0.5	0.08	0.50	4.6	0.12	
AGM-L5A 3B	<0.02	52.8	9.0	6	0.08	1.68	0.73	0.47	2.2	1.92	<0.5	0.13	0.31	4.0	0.08	
AGM-L5A 3C	<0.02	73.2	24.8	17	0.51	1.88	0.88	0.53	6.5	2.02	<0.5	0.61	0.33	14.0	0.10	
AGM-L5A P1	<0.02	134.5	43.2	83	6.84	2.84	2.41	0.45	11.9	2.26	1.0	7.84	0.64	22.6	0.40	
AGM-L5A P2	<0.02	183.5	41.6	77	11.45	2.59	2.19	0.57	24.2	2.11	0.7	4.25	0.56	23.3	0.42	
AGM-L5A FLOOR	<0.02	84.3	25.6	67	3.15	1.91	1.58	0.34	6.2	1.76	0.9	7.66	0.46	13.1	0.23	
AGM-L5B ROOF	<0.02	58.5	14.9	64	2.01	1.19	0.71	0.17	4.1	0.93	1.0	4.50	0.22	7.8	0.07	
AGM-L5B 1A	<0.02	44.7	5.4	12	0.30	1.64	1.09	0.34	4.2	1.36	1.9	0.43	0.39	2.3	0.12	
AGM-L5B 1B	<0.02	58.9	3.1	11	0.42	0.24	0.11	0.04	0.9	0.32	<0.5	0.48	0.05	1.7	0.01	
AGM-L5B 1C	<0.02	84.4	15.8	33	2.12	2.81	1.40	0.77	8.8	2.76	<0.5	1.16	0.55	7.5	0.20	
AGM-L5B FLOOR	<0.02	151.5	38.0	87	7.78	3.07	1.91	0.56	17.6	2.54	0.6	4.50	0.63	20.3	0.28	
AGM M02 ROOF 1	<0.02	152.0	82.0	59	4.42	8.55	4.25	2.71	11.9	11.40	1.0	3.56	1.68	39.6	0.52	

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS81 Nb ppm	ME-MS81 Nd ppm	ME-MS81 Pr ppm	ME-MS81 Rb ppm	ME-MS81 Sc ppm	ME-MS81 Sm ppm	ME-MS81 Sn ppm	ME-MS81 Sr ppm	ME-MS81 Ta ppm	ME-MS81 Tb ppm	ME-MS81 Th ppm	ME-MS81 Tm ppm	ME-MS81 U ppm	ME-MS81 V ppm	ME-MS81 W ppm
AGM-B3 7B	2.23	6.4	1.44	0.4	3.7	1.68	2.6	41.1	<0.1	0.30	0.50	0.20	0.15	18	0.5	
AGM-B3 7C	3.62	8.3	1.94	0.6	5.7	2.22	0.7	38.1	0.1	0.41	1.35	0.26	0.41	37	0.6	
AGM-B3 8B	2.04	3.9	0.88	0.2	3.3	1.08	0.5	22.6	<0.1	0.21	0.50	0.14	0.23	12	<0.5	
AGM-B3 8C	1.79	7.0	1.68	0.4	5.6	1.90	0.7	27.7	0.1	0.38	0.92	0.22	0.23	36	0.5	
AGM-B3 1B	24.1	16.4	3.94	6.0	19.3	3.97	3.7	62.3	1.0	0.71	6.97	0.42	2.31	108	1.4	
AGM-B3 P1	5.64	29.6	7.12	6.9	8.4	6.67	3.5	45.3	0.6	1.10	3.61	0.61	0.86	31	0.7	
AGM-B3 P2	7.73	24.8	6.04	4.6	9.7	5.44	2.3	49.2	0.5	0.72	2.57	0.31	0.69	52	0.8	
AGM-B3 P3	11.40	20.1	5.03	6.1	6.7	4.62	4.5	69.4	0.9	0.66	2.33	0.31	0.61	19	1.5	
AGM-B3 P4	14.70	12.0	2.96	3.7	14.2	3.23	1.9	64.1	0.9	0.49	1.79	0.27	0.70	87	0.9	
AGM-B3 P5	6.88	7.5	1.86	3.8	7.0	1.82	1.9	39.0	0.5	0.30	2.07	0.18	0.51	20	0.7	
AGM-B3 P6	4.80	13.2	3.63	3.5	6.5	2.57	2.0	29.6	0.4	0.30	3.94	0.17	0.66	48	0.8	
AGM-L5A ROOF	5.04	15.2	4.17	20.2	7.2	3.33	0.9	18.3	0.4	0.44	4.43	0.21	2.05	30	1.2	
AGM-L5A 1	1.64	7.1	1.64	2.6	5.1	1.81	<0.5	15.4	0.1	0.39	1.34	0.18	0.56	15	0.7	
AGM-L5A 2A	1.70	7.2	1.80	7.3	6.0	1.72	0.5	22.3	0.1	0.25	2.28	0.12	0.87	52	0.7	
AGM-L5A 2B1	0.15	0.5	0.12	0.6	<0.5	0.14	<0.5	13.4	<0.1	0.02	0.14	0.01	0.06	<5	<0.5	
AGM-L5A 2B2	0.31	4.0	0.96	0.7	0.9	0.97	<0.5	17.8	<0.1	0.13	0.40	0.05	0.11	7	<0.5	
AGM-L5A 2B3	0.55	1.5	0.40	0.8	0.8	0.26	0.5	14.0	<0.1	0.03	0.42	0.02	0.08	6	<0.5	
AGM-L5A 2C	1.95	3.9	1.00	0.6	3.1	0.83	<0.5	16.0	0.1	0.13	1.07	0.07	0.46	17	0.6	
AGM-L5A 3A	0.17	8.8	1.90	0.9	1.9	2.59	<0.5	14.6	<0.1	0.44	0.28	0.15	0.15	6	<0.5	
AGM-L5A 3B	0.40	6.2	1.30	0.8	2.3	1.64	<0.5	19.0	<0.1	0.28	0.34	0.10	0.19	10	0.5	
AGM-L5A 3C	1.54	10.6	3.08	4.6	7.3	2.08	0.5	70.3	0.1	0.31	1.65	0.13	1.42	35	0.7	
AGM-L5A P1	13.40	17.7	4.63	47.6	10.0	3.07	2.6	40.7	1.0	0.44	8.97	0.32	2.82	90	2.7	
AGM-L5A P2	8.82	16.7	4.44	103.0	14.2	2.65	3.5	53.0	0.7	0.34	11.75	0.31	3.35	127	1.8	
AGM-L5A FLOOR	7.33	11.4	2.75	23.0	6.5	2.07	1.9	23.2	0.6	0.30	4.96	0.20	1.61	51	1.6	
AGM-L5B ROOF	3.32	6.5	1.57	18.4	3.4	0.83	2.3	14.9	0.2	0.15	2.91	0.10	1.00	26	0.7	
AGM-L5B 1A	0.72	3.4	0.67	1.5	4.3	1.10	<0.5	11.2	<0.1	0.23	0.34	0.10	0.13	16	<0.5	
AGM-L5B 1B	0.65	1.1	0.35	3.7	0.9	0.29	1.0	14.8	<0.1	0.04	0.52	0.02	0.16	7	0.6	
AGM-L5B 1C	2.02	8.6	1.82	17.4	9.7	2.43	1.9	25.5	0.1	0.42	2.83	0.21	1.42	70	1.0	
AGM-L5B FLOOR	8.41	15.9	3.99	75.9	19.6	2.91	2.4	43.6	0.6	0.40	9.97	0.31	3.12	146	1.8	
AGM M02 ROOF 1	6.61	50.5	11.30	43.3	17.1	11.65	1.7	50.3	0.3	1.60	7.31	0.58	1.82	90	1.4	

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06
		Y	Yb	Zr	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Cr2O3	TiO2	MnO	P2O5	SiO
		ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
AGM-B3 7B		13.6	1.16	49	2.45	1.56	0.57	0.31	0.06	0.03	<0.01	<0.002	0.05	<0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 7C		16.6	1.60	110	3.25	2.27	0.64	0.24	0.07	0.02	0.01	<0.002	0.16	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 8B		9.9	0.81	63	2.89	2.28	0.32	0.12	0.05	0.02	0.01	<0.002	0.08	<0.01	0.02	<0.01
AGM-B3 8C		14.8	1.44	61	3.50	2.67	1.16	0.14	0.07	0.01	0.01	<0.002	0.23	0.01	0.01	<0.01
AGM-B3 IB		22.7	2.50	296	30.3	23.2	0.76	0.32	0.22	0.01	0.14	0.002	1.87	<0.01	0.13	<0.01
AGM-B3 P1		37.2	3.81	190	42.5	20.1	1.51	0.17	0.24	0.01	0.22	<0.002	0.29	0.01	0.03	<0.01
AGM-B3 P2		20.7	1.87	139	32.6	22.4	0.70	0.19	0.26	0.01	0.12	0.002	0.77	0.01	0.04	<0.01
AGM-B3 P3		22.4	1.91	100	42.2	30.0	0.98	0.23	0.31	0.01	0.17	<0.002	0.45	0.01	0.02	0.01
AGM-B3 P4		15.8	1.66	130	27.9	20.9	0.72	0.24	0.25	<0.01	0.09	0.002	1.88	<0.01	0.04	<0.01
AGM-B3 P5		10.2	1.14	154	17.90	13.50	0.78	0.15	0.17	0.01	0.07	<0.002	0.44	<0.01	0.03	<0.01
AGM-B3 P6		10.0	1.07	187	13.75	9.09	1.12	0.10	0.11	<0.01	0.08	0.002	0.77	<0.01	0.04	<0.01
AGM-L5A ROOF		13.0	1.28	214	80.0	4.41	4.73	0.14	0.22	0.01	0.35	0.007	0.33	0.04	0.02	<0.01
AGM-L5A 1		14.9	1.06	34	7.75	1.42	2.30	0.31	0.14	<0.01	0.05	0.002	0.11	0.02	0.01	<0.01
AGM-L5A 2A		7.0	0.67	39	6.49	3.09	1.52	0.42	0.19	<0.01	0.09	0.003	0.13	0.01	0.01	<0.01
AGM-L5A 2B1		0.6	0.06	3	0.94	0.16	1.72	0.40	0.17	<0.01	0.01	<0.002	0.01	0.02	0.02	<0.01
AGM-L5A 2B2		3.3	0.25	6	0.57	0.56	1.46	0.48	0.16	<0.01	0.01	<0.002	0.02	0.01	<0.01	<0.01
AGM-L5A 2B3		1.1	0.14	17	1.68	0.91	1.51	0.36	0.14	<0.01	0.01	<0.002	0.07	0.01	0.01	<0.01
AGM-L5A 2C		6.5	0.33	35	6.46	0.40	2.53	0.34	0.14	<0.01	0.01	0.002	0.12	0.02	0.02	<0.01
AGM-L5A 3A		12.7	0.84	3	0.52	0.49	1.38	0.48	0.17	<0.01	0.02	<0.002	0.01	0.01	0.01	<0.01
AGM-L5A 3B		8.5	0.58	5	0.96	0.70	2.00	0.47	0.17	<0.01	0.01	<0.002	0.04	0.02	0.02	<0.01
AGM-L5A 3C		7.9	0.80	22	2.89	1.68	1.34	0.46	0.19	<0.01	0.08	0.002	0.12	0.01	0.06	0.01
AGM-L5A P1		17.9	2.35	311	71.4	11.25	1.86	0.13	0.32	0.07	0.93	0.010	0.96	0.02	0.02	<0.01
AGM-L5A P2		15.6	2.39	164	41.8	25.4	1.80	0.22	0.64	0.08	1.34	0.011	0.79	0.01	0.02	<0.01
AGM-L5A FLOOR		13.0	1.38	308	78.4	5.81	2.47	0.08	0.15	0.04	0.42	0.009	0.50	0.02	0.01	<0.01
AGM-L5B ROOF		6.2	0.83	180	90.1	4.60	1.29	0.05	0.12	0.02	0.27	0.009	0.23	0.01	0.01	<0.01
AGM-L5B 1A		10.4	1.10	19	4.45	0.64	3.09	0.41	0.19	0.01	0.05	0.002	0.04	0.03	<0.01	<0.01
AGM-L5B 1B		1.5	0.20	17	7.08	1.00	1.65	0.45	0.20	0.01	0.07	<0.002	0.04	0.02	0.01	<0.01
AGM-L5B 1C		12.8	1.42	45	8.26	4.91	1.79	0.49	0.27	0.02	0.25	0.004	0.15	0.02	<0.01	0.01
AGM-L5B FLOOR		17.2	2.22	180	45.7	17.10	1.72	0.23	0.48	0.06	1.02	0.012	0.67	0.01	0.03	<0.01
AGM M02 ROOF 1		44.2	3.58	131	31.7	9.73	3.00	0.05	0.28	0.05	0.89	0.008	0.50	0.02	0.03	0.01

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-ICP06	OA-GRA05	TOT-ICP06
		BaO	LOI	Total
		%	%	%
AGM-B3 7B		<0.01	94.3	99.34
AGM-B3 7C		<0.01	93.0	99.68
AGM-B3 8B		<0.01	93.9	99.69
AGM-B3 8C		<0.01	92.1	99.91
AGM-B3 IB		0.01	42.1	99.06
AGM-B3 P1		0.01	34.2	99.29
AGM-B3 P2		0.01	43.0	100.11
AGM-B3 P3		0.02	26.3	100.71
AGM-B3 P4		0.02	46.8	98.84
AGM-B3 P5		0.01	67.0	100.06
AGM-B3 P6		0.01	74.9	99.97
AGM-L5A ROOF		0.01	11.45	101.72
AGM-L5A 1		<0.01	87.9	100.01
AGM-L5A 2A		0.01	87.7	99.66
AGM-L5A 2B1		<0.01	96.6	100.05
AGM-L5A 2B2		0.01	96.6	99.88
AGM-L5A 2B3		<0.01	95.3	100.00
AGM-L5A 2C		<0.01	89.7	99.74
AGM-L5A 3A		0.01	97.1	100.19
AGM-L5A 3B		0.01	96.2	100.60
AGM-L5A 3C		0.01	93.0	99.85
AGM-L5A P1		0.01	12.70	99.68
AGM-L5A P2		0.02	29.3	101.43
AGM-L5A FLOOR		0.01	12.30	100.22
AGM-L5B ROOF		0.01	4.61	101.33
AGM-L5B 1A		<0.01	91.0	99.91
AGM-L5B 1B		0.01	88.5	99.04
AGM-L5B 1C		0.01	83.9	100.08
AGM-L5B FLOOR		0.02	33.8	100.85
AGM M02 ROOF 1		0.02	52.9	99.19

Tabel 2. Hasil analisis proksimat dan ultimat pada batubara di daerah evaluasi

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM-B3 8B	AGM-B3 8C	AGM-B3 7A	AGM-B3 7B	AGM-B3 7C	AGM-B3 6A	AGM-B3 6B	AGM-B3 6C	AGM-B3 5A	AGM-B3 5B	AGM-B3 5C	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	4.40	4.90	3.65	3.42	3.82	3.33	4.12	3.70	4.57	4.04	3.48	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	43.45	40.91	44.58	46.16	43.49	41.32	42.80	48.58	37.77	49.85	41.49	
	Kadar Abu	%	adb	6.33	7.20	11.72	7.26	9.22	21.26	9.67	7.07	19.62	21.51	14.50	
	Karbon Tertambat	%	adb	45.83	47.00	40.06	43.17	43.49	34.10	43.42	40.66	38.05	24.61	40.54	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	83.48	83.57	81.79	82.87	83.73	79.21	79.55	83.28	80.78	79.58	82.55	
	Kadar Hidrogen	%	daf	6.45	6.53	5.73	6.71	6.85	7.60	4.82	7.10	7.25	7.09	7.09	
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.58	1.70	1.45	1.46	1.50	1.35	1.43	1.35	1.50	1.45	1.47	
	Kadar Oksigen	%	daf	7.99	7.73	10.12	8.22	7.23	11.33	13.80	7.88	10.06	11.41	8.48	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM-B3 4A	AGM-B3 4B	AGM-B3 4C	AGM-B3 3A	AGM-B3 3B	AGM-B3 3C	AGM-B3 2	AGM-B3 1A	AGM-B3 1B	AGM-B3 1C	AGM-B3 2A	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	3.95	3.84	3.58	4.57	4.49	3.83	3.99	4.09	6.01	3.77	4.28	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	56.88	58.89	41.65	54.33	55.33	40.07	41.45	39.56	20.39	41.56	45.14	
	Kadar Abu	%	adb	12.93	8.29	13.89	13.04	13.48	17.34	13.61	18.60	61.79	11.11	9.51	
	Karbon Tertambat	%	adb	26.25	28.98	40.88	28.07	26.71	38.77	40.96	37.76	11.82	43.58	41.08	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	82.26	80.74	75.91	81.59	83.19	80.54	79.79	80.73	59.66	80.16	78.39	
	Kadar Hidrogen	%	daf	7.39	7.00	6.84	6.55	7.01	6.94	5.53	6.65	4.53	5.81	6.35	
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.39	1.39	1.35	1.40	1.46	1.47	1.41	1.37	1.46	1.41	1.38	
	Kadar Oksigen	%	daf	8.63	10.51	15.49	10.01	7.89	10.60	12.83	10.73	33.16	12.14	9.19	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM-B4 2B	AGM-B4 1A	AGM-B4 1B	AGM-B4 1C	AGM-B5 2A	AGM-B5 2B	AGM-B5 2C	AGM-B5 1A	AGM-B5 1B	AGM-B5 1C	AGM-B6 1A	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	5.38	3.15	4.36	3.74	3.77	4.18	6.12	5.34	3.85	4.03	4.47	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	42.48	44.75	41.39	38.41	46.03	45.96	41.81	43.54	45.91	43.65	44.07	
	Kadar Abu	%	adb	4.53	12.86	11.12	17.44	9.30	8.12	3.55	3.76	6.86	8.46	3.82	
	Karbon Tertambat	%	adb	47.61	39.25	43.14	40.43	40.90	41.74	48.54	47.38	43.38	43.88	47.65	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	80.25	78.89	78.64	78.27	77.98	77.17	77.73	78.44	77.04	75.16	77.72	
	Kadar Hidrogen	%	daf	5.96	6.84	6.29	6.43	6.37	6.26	5.69	5.39	4.81	5.94	5.67	
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.47	1.36	1.54	1.60	1.34	1.33	1.33	1.45	1.47	1.54	1.61	
	Kadar Oksigen	%	daf	10.20	8.88	9.55	9.13	10.88	11.43	13.26	12.28	13.46	12.11	13.64	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM-B6 1B	AGM-B6 1C	AGM-L8 1A	AGM-L8 1B	AGM-L8 1C	AGM- M16 7A	AGM- M16 7B	AGM- M16 7C	AGM- M16 6A	AGM- M16 6B	AGM- M16 6C	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	4.18	4.92	23.02	27.24	24.59	24.32	29.30	27.10	29.37	25.48	26.60	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	41.77	43.81	35.93	37.10	39.73	43.44	39.34	41.48	39.38	40.57	40.66	
	Kadar Abu	%	adb	12.24	5.19	5.55	3.09	3.73	1.94	1.60	1.75	2.96	1.92	1.85	
	Karbon Tertambat	%	adb	41.82	46.10	35.50	32.58	31.96	30.31	29.76	29.68	28.30	32.04	30.90	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	76.65	80.55	69.57	75.21	74.38	73.74	74.41	74.79	77.36	73.58	73.07	
	Kadar Hidrogen	%	daf	4.51	6.00	4.25	4.80	5.29	3.87	4.83	3.81	4.59	4.83	4.90	
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.61	1.64	1.38	1.45	1.37	0.90	0.97	0.98	1.13	1.03	0.99	
	Kadar Oksigen	%	daf	15.56	10.35	24.35	18.29	18.75	21.34	19.65	20.27	16.70	20.41	20.89	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM- M16 BP2	AGM- M16 AP2	AGM- M16 5A	AGM- M16 5B	AGM- M16 5C	AGM- M16 4A	AGM- M16 4B	AGM- M16 4C	AGM- M16 3A	AGM- M16 3B1	AGM- M16 3B2	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	28.33	24.02	19.83	22.79	23.31	25.20	26.67	22.87	17.87	22.11	25.57	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	45.15	41.34	57.22	48.07	51.29	42.38	42.26	45.72	50.40	48.96	41.19	
	Kadar Abu	%	adb	2.24	4.23	1.38	1.83	1.36	2.55	2.15	1.99	2.66	1.99	1.80	
	Karbon Tertambat	%	adb	24.30	30.42	21.58	27.32	24.05	29.88	28.94	29.42	29.08	26.95	31.45	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	79.54	77.02	80.24	76.72	80.59	76.37	75.70	77.72	74.72	74.12	73.90	
	Kadar Hidrogen	%	daf	5.50	5.20	6.83	5.79	6.29	5.53	5.38	5.68	6.16	6.21	5.11	
	Kadar Nitrogen	%	daf	0.83	0.99	0.69	0.86	0.77	0.95	0.88	0.88	0.73	0.77	0.92	
	Kadar Oksigen	%	daf	13.96	16.61	12.11	16.46	12.21	17.00	17.88	15.57	18.26	18.76	19.91	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel											
				AGM- M16 3C	AGM- M16 2A	AGM- M16 2B	AGM- M16 2C	AGM- M16 1A	AGM- M16 1B	AGM- M16 1C	AGM- LSA 3A	AGM- LSA 3B	AGM- LSA 3C	AGM- LSA 2A	
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	26.29	26.99	23.10	26.71	20.98	26.59	26.26	24.38	24.81	27.72	16.09	
	Kadar Zat Terbang	%	adb	44.77	40.81	45.20	40.12	46.52	40.77	37.71	40.39	41.01	34.22	38.20	
	Kadar Abu	%	adb	1.78	2.24	2.23	2.19	2.24	1.97	6.86	3.35	3.61	7.36	15.45	
	Karbon Tertambat	%	adb	27.17	29.98	29.48	30.99	30.27	30.68	29.18	31.89	30.58	30.71	30.27	
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	77.11	75.10	75.22	74.69	75.55	74.61	77.30	74.90	74.97	72.94	70.18	
	Kadar Hidrogen	%	daf	5.57	5.35	5.49	4.84	5.74	5.04	1.64	5.07	5.45	4.89	5.83	
	Kadar Nitrogen	%	daf	0.87	0.90	0.85	1.05	0.83	0.96	1.25	1.26	1.27	1.46	1.17	
	Kadar Oksigen	%	daf	16.28	18.48	18.28	19.25	17.71	19.24	19.51	18.43	17.90	20.25	22.33	

Analisis		Satuan	Basis	Kode Sampel										
				AGM-LSA 2B1	AGM LSA 2B2	AGM-LSA 2B3	AGM-LSA 2C	AGM-LSA 1	AGM-L5B 1A	AGM-L5B 1B	AGM-L5B 1C	AGM M02A 1B	AGM M02 1A	AGM M02 1B
PROKSI MAT	Kadar Air	%	adb	27.59	25.90	25.74	29.45	24.89	26.78	24.22	19.40	17.42	17.12	17.72
	Kadar Zat Terbang	%	adb	36.51	37.42	39.60	33.60	34.49	36.04	36.66	37.74	31.64	42.21	39.73
	Kadar Abu	%	adb	2.61	3.33	3.68	8.03	8.03	5.71	5.92	9.91	13.49	1.69	1.49
	Karbon Tertambat	%	adb	33.30	33.37	30.98	28.93	28.93	31.48	33.21	32.96	37.46	39.00	41.07
ULTIMAT	Kadar Karbon	%	daf	76.17	74.75	78.48	75.23	71.02	77.29	74.11	76.07	76.30	77.77	76.76
	Kadar Hidrogen	%	daf	4.87	5.19	5.20	5.02	5.48	4.97	5.78	4.28	5.73	3.90	5.71
	Kadar Nitrogen	%	daf	1.34	1.29	1.23	1.29	1.17	1.65	1.52	1.60	1.82	1.69	1.75
	Kadar Oksigen	%	daf	17.43	18.59	14.82	18.12	22.00	15.75	18.42	17.80	15.49	16.40	15.49

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui potensi REE yang ada, dilakukan pengevaluasian pengkayaan REE pada batubaranya. Menurut Dai and Finkelman (2018), proses pengkayaan REE pada batubara dibagi menjadi empat tipe, yaitu tipe *terrigenous*, *tuffaceous*, *infiltrational*, dan *hydrothermal*. Pengkayaan REE ini dapat dilihat dari munculnya *trace element* pada batubara tersebut. Tiap tipe pengkayaan dicirikan dengan munculnya unsur tertentu. Sebagai contoh, tipe *tuffaceous* dicirikan oleh munculnya unsur Zr, Hf, Nb, Ta dan Ga (Tabel 3Error! Reference source not found.). Dengan melakukan evaluasi terhadap hasil analisis *trace element*-nya, diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai tipe pengkayaan REE pada batubara dan abunya di daerah evaluasi.

Apabila dilihat dari hasil *trace element*-nya, untuk batubara di Formasi Tanjung dan Formasi Warukin, kemungkinan besar memiliki tipe pengkayaan yang didominasi oleh tipe *terrigenous* dan ditambah dengan tipe *tuffaceous*. Hal ini terlihat dari besarnya unsur Ga, Ba, dan Sr yang merupakan penciri tipe genetik *terrigenous* dari

akumulasi REE dalam batubara (Seredin and Dai, 2012). Sementara jejak unsur Zr, Hf, Nb, Ta dan Ga yang merupakan penciri pengkayaan tipe *tuffaceous* juga ditemukan dalam jumlah yang relatif lebih sedikit bila dibandingkan dengan unsur Ga, Ba, dan Sr (**Gambar 8**).

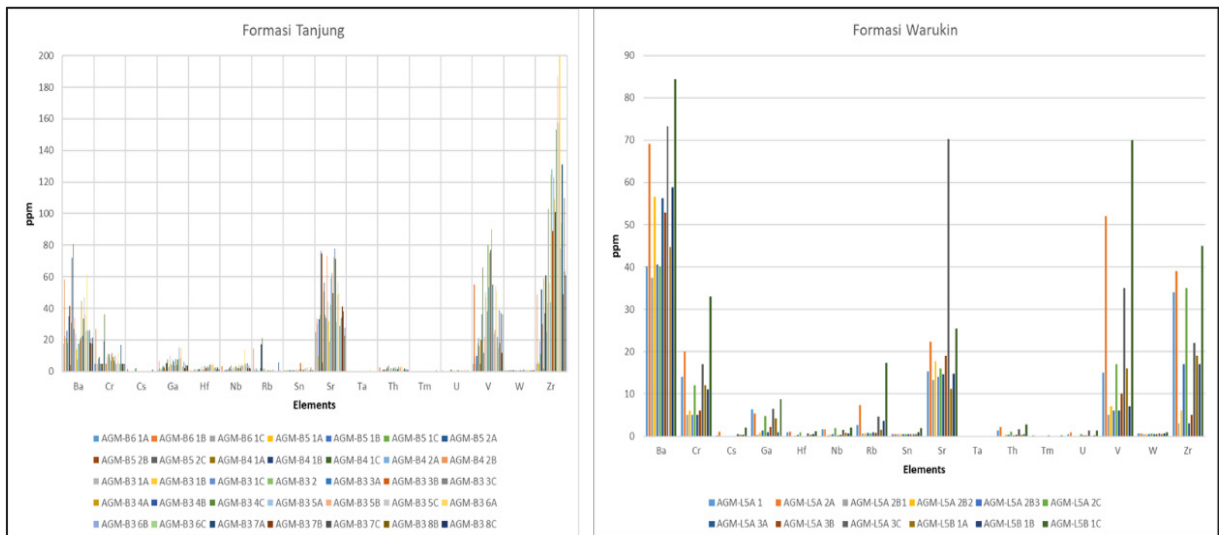
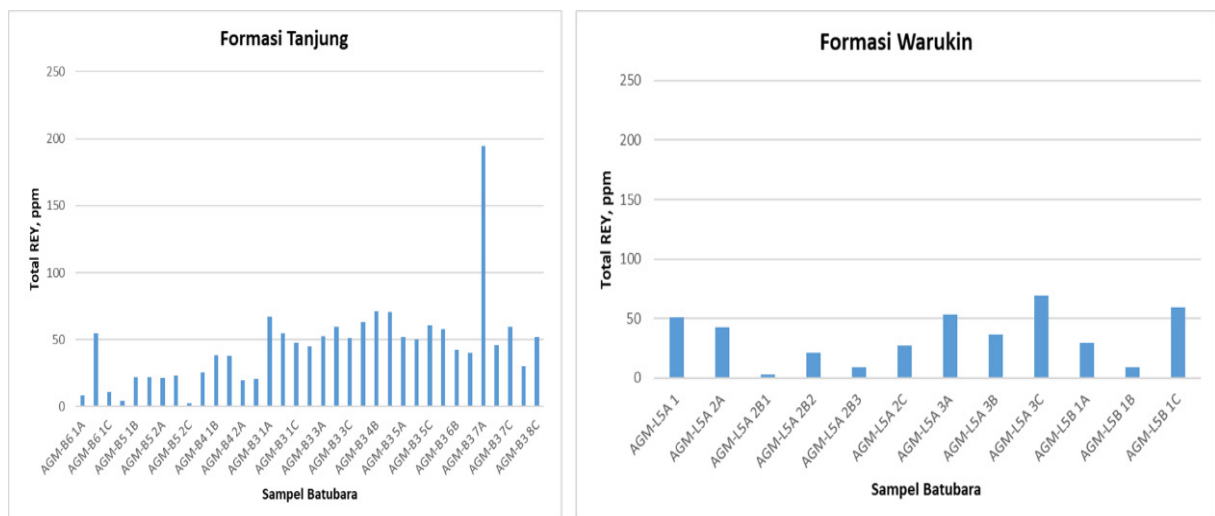
Untuk kandungan REE-nya, hasil analisis laboratorium ALS menunjukkan jumlah total kandungan REE pada batubara dari Formasi Tanjung berkisar antara 2 ppm hingga 194 ppm (**Gambar 9**). Sampel batubara yang memiliki nilai kandungan REE paling rendah adalah sampel AGM B5 2C dengan 2,3 ppm, sementara sampel batubara yang memiliki nilai REE batubara terbesar adalah sampel AGM B3 7A dengan nilai total REE sebesar 194 ppm.

Sementara untuk batubara yang berasal dari Formasi Warukin, total kandungan REE pada batubaranya berkisar antara 9 ppm hingga 69 ppm. Sampel yang memiliki nilai kandungan REE paling rendah adalah sampel AGM-L5B 1B dengan 9 ppm, sementara sampel batubara yang memiliki nilai REE batubara terbesar adalah sampel AGM-L5A 3C dengan nilai total REE sebesar 69 ppm (**Gambar 9**).

Tabel 3. Tipe genetis pengayaan REE dalam cekungan batubara (Dai and Finkelman, 2018)

The main genetic types of high REY accumulation in coals.

Type	REO content in ash, %	Associated elements	Typical example
Terrigenous	0.1–0.4	Al, Ga, Ba, Sr,	Jungar, China (Dai et al., 2006, 2008)
Tuffaceous	0.1–0.5	Zr, Hf, Nb, Ta, Ga	Dean, USA (Mardon and Hower, 2005)
Infiltrational	0.1–1.2	U, Mo, Se, Re	Aduunchulun, Mongolia (Arbuzov and Mashen'kin, 2007)
Hydrothermal	0.1–1.5	As, Sb, Hg, Ag, Au, etc.	Rettikhovka, Russia (Seredin, 2004)

**Gambar 8.** Hasil analisis *trace elements* dari batubara Formasi Tanjung dan Formasi Warukin**Gambar 9.** Kandungan REE pada batubara Formasi Tanjung dan Formasi Warukin

Pengayaan individu *critical element* juga dijumpai pada beberapa unsur diantaranya Zr, Yb, Y, V, Hf, dan Er yang sangat umum dijumpai di seluruh sampel pada seam B3.

Setelah mengetahui unsur-unsur REE yang terkayakan, evaluasi potensi selanjutnya dilakukan dengan melihat kualitas bijih (*ore quality*) untuk industri yang dengan menggunakan koefisien outlook (C_{outl}), $REE_{def, rel}$, dan kandungan REO (REE Oksida) dengan *cut-off grade* pada REO_{ash} adalah lebih dari 1000 ppm atau lebih dari 800 ppm untuk lapisan batubara dengan ketebalan lebih dari 5 m (Seredin and Dai, 2012).

Koefisien outlook adalah rasio dari jumlah unsur *critical* REE dalam total REE dengan jumlah relatif unsur *excessive* REE dalam total REE (Dai dkk., 2016; Dai and Finkelman, 2018). Pembagian unsur *critical* dan *excessive* didasarkan pada klasifikasi industri yang berdasarkan pada perkiraan Dudley Kingsnorth (IMCOA) dari hubungan antara permintaan dan pasokan dari individual unsur REE (Kingsnorth, 2009 dalam Seredin and Dai, 2012). Yang digolongkan ke dalam unsur *critical* REE adalah Nd, Eu, Tb, Dy, Er dan Y sementara yang termasuk ke dalam unsur *excessive* REE adalah Ce, Ho, Tm, Yb dan Lu. Nilai Koefisien outlook (C_{outl}) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$C_{outl} = \frac{(Nd + Eu + Tb + Dy + Er + Y)/\sum REE}{(Ce + Ho + Tm + Yb + Lu)/\sum REE}$$

Dimana : C_{outl} = Koefisien outlook
Nd...Lu = Unsur REE
 $\sum REE$ = Total REE

Selain koefisien outlook, hal lain yang harus diketahui adalah presentasi dari unsur kritikal dalam total REE ($REE_{def, rel}$). Apabila koefisien outlook (C_{outl}) memiliki nilai kurang dari 0,7, dan nilai $REE_{def, rel}$ kurang dari 27%, maka sampel tersebut termasuk kedalam Area I dan dikategorikan *unpromising*. Ini berarti sampel tersebut kurang memiliki kandungan unsur REE kritikal yang banyak dicari di pasaran, sedangkan apabila nilai koefisien outlook (C_{outl}) berada pada kisaran $0,7 \leq C_{outl} \leq 2,4$, dan nilai $REE_{def, rel}$ antara kurang lebih 28% – 52%, maka sampel tersebut termasuk dalam kategori *promising*. Apabila sampel memiliki nilai koefisien outlook (C_{outl}) lebih dari 2,4, dan nilai $REE_{def, rel}$ lebih dari 52%, maka sampel tersebut masuk ke dalam sampel *high promising*.

Selanjutnya nilai C_{outl} dan $REE_{def, rel}$ dimasukkan kedalam diagram yang dikeluarkan oleh Seredin dan Dai (2012) untuk menentukan apakah REE yang terkandung memiliki potensi di bidang industri atau tidak.

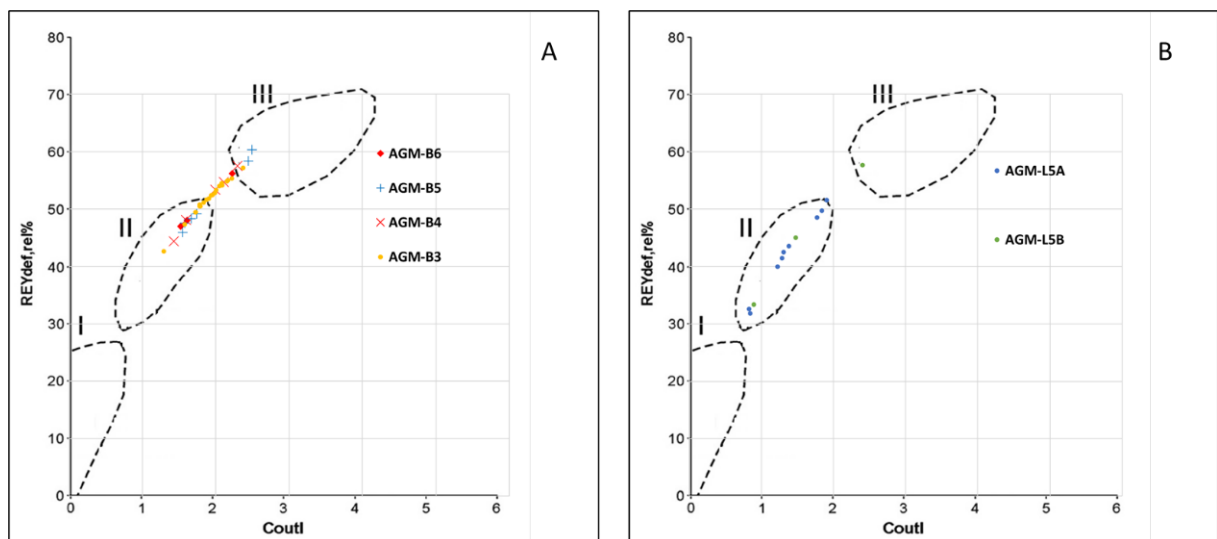
Untuk batubara Formasi Tanjung, hasil plot menunjukkan bahwa sampel batubara secara umum berada dalam area II dan III dimana presentasi unsur kritikal

REE ($REY_{def, rel}$) ada dalam kisaran 42% hingga 60% dengan koefisien outlook berkisar antara 1,2 hingga 2,5 (**Gambar 10A**). Area II merupakan bagian yang didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya menjanjikan (*promising*). Sementara untuk area III didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya sangat menjanjikan (*highly promising*) (**Gambar 10A**).

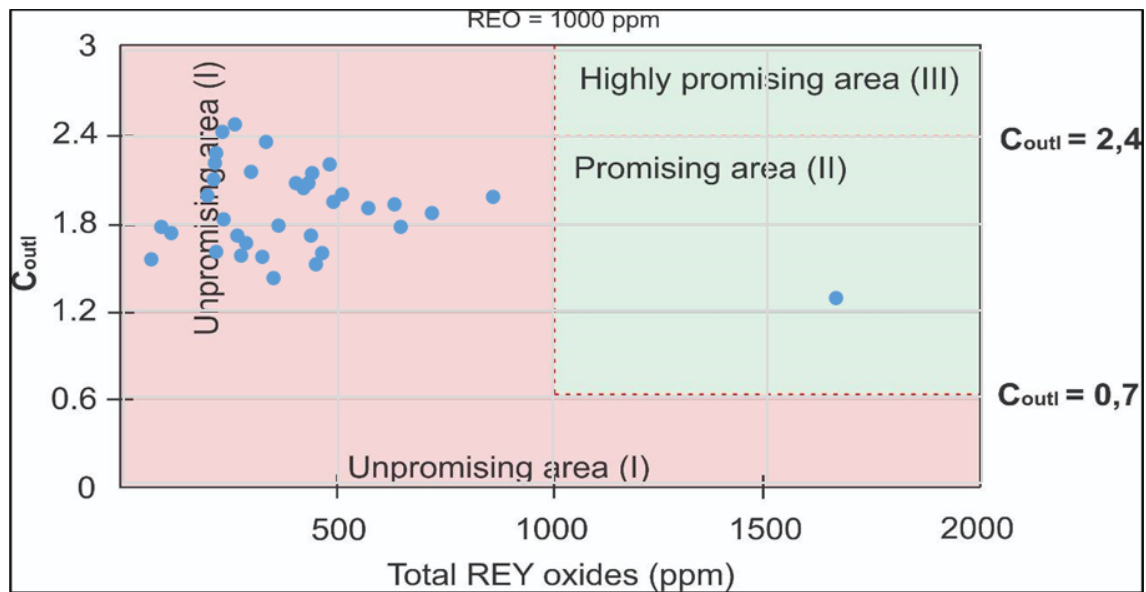
Sementara untuk batubara Formasi Warukin, hasil plot menunjukkan bahwa sampel batubara secara umum berada dalam area II dimana presentasi unsur kritikal REE ($REY_{def, rel}$) ada dalam kisaran 31% hingga 57% dan koefisien outlook berkisar antara 0,8 hingga 2,4. Area II merupakan bagian yang didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya menjanjikan (*promising*) (**Gambar 10B**).

Hal selanjutnya adalah memplot nilai dari kandungan REE oksida pada abu batubara (REO_{ASH}) dengan nilai koefisien outlook (C_{outl}). Meskipun abu batubara tidak dianalisis kandungan REE nya, nilai REO_{ASH} dihitung dengan menggunakan nilai total REY dan nilai abu hasil dari analisis proksimat. Hasil plot dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

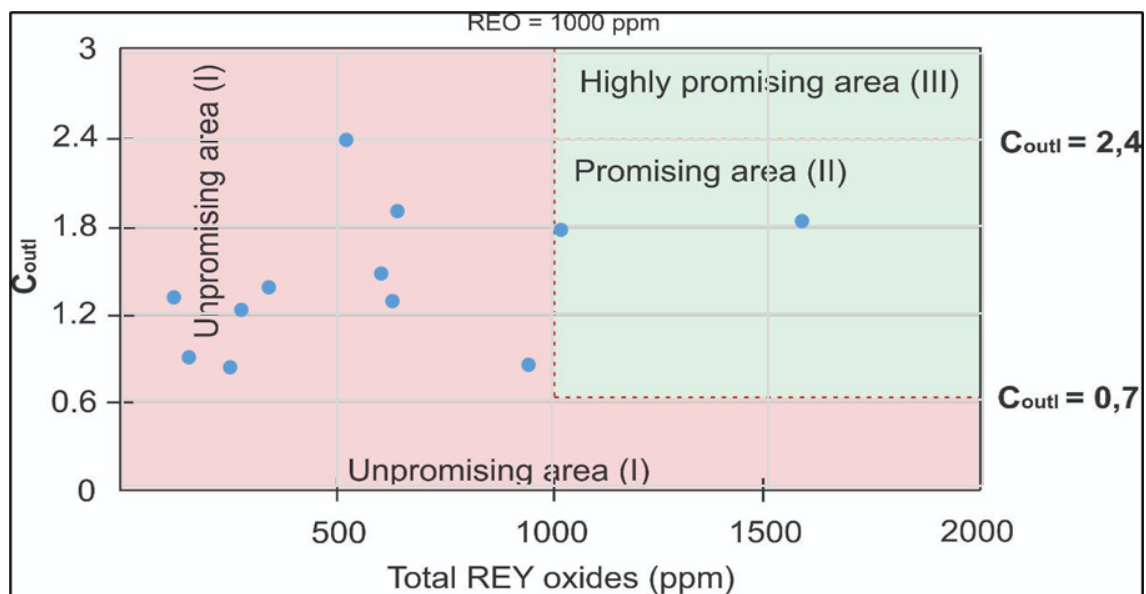
Menurut Seredin dan Dai (2012), jumlah *cutt-off grade* untuk REO pada abu batubara adalah lebih dari 1000 ppm dengan C_{outl} diatas 0,7 atau atau lebih dari 800 ppm untuk lapisan batubara dengan ketebalan lebih dari 5 m. Bila mengacu pada hal tersebut, maka hanya terdapat satu sampel yang masuk kedalam kriteria *promising*. Sementara itu, hasil plot pada sampel batubara dari Formasi Warukin menunjukkan dua sampel yang memiliki nilai $REO_{ash} > 1000$ ppm.



Gambar 10. Perbandingan antara C_{outl} dan $REY_{def, rel}$ untuk sampel batubara dan abunya di daerah evaluasi



Gambar 11. Perbandingan antara C_{outl} dengan total REE Oksida pada batubara Formasi Tanjung



Gambar 12. Perbandingan antara C_{outl} dengan total REE Oksida pada batubara, dari Formasi Warukin

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Evaluasi REE pada batubara dan abu batubara di Kalimantan pada tahun 2022 dilakukan pada batubara yang berasal dari dua formasi yaitu Formasi Tanjung dan Formasi Warukin.

Hasil analisis *trace elements* menunjukkan batubara dari kedua formasi tersebut memiliki karakteristik pengkayaan REE dari *terrigenous* dengan sedikit pengaruh *tuffaceous*.

Total kandungan REE pada sampel batubara dari Formasi Tanjung berkisar

antara 2 ppm sampai dengan 194 ppm. Sementara untuk batubara yang berasal dari Formasi Warukin, total kandungan REE pada batubaranya berkisar antara 9 ppm sampai dengan 69 ppm.

Pengayaan individu *critical element* juga dijumpai pada beberapa unsur diantaranya Zr, Yb, Y, V, Hf, dan Er yang sangat umum dijumpai di seluruh sampel pada seam B3. Beberapa sampel pada seam B3 juga mengalami pengayaan unsur Sn, terutama pada sampel 3B dengan nilai CC mencapai 6,58. Pada sampel M02-1C terdapat pengayaan beberapa unsur secara signifikan diantaranya, Cs, Rb, dan V dengan nilai CC berturut-turut 4,60, 3,77, dan 4,18.

Hasil pengeplotan C_{outl} dan $REY_{def, rel}$ menunjukkan bahwa REE di daerah evaluasi secara umum memiliki potensi di bidang industri. Untuk batubara Formasi Tanjung, hasil plot menunjukkan bahwa sampel batubara secara umum berada dalam area II dan III dimana presentasi unsur kritikal REE ($REY_{def, rel}$) ada dalam kisaran 42% sampai 60% dan koefisien outlook berkisar antara 1,2 sampai 2,5. Area II merupakan bagian yang didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya menjanjikan (*promising*). Sementara untuk area III didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya sangat menjanjikan (*highly promising*). Sementara untuk batubara Formasi Warukin, hasil plot menunjukkan bahwa

sampel batubara secara umum berada dalam area II yang didefinisikan sebagai area/bagian yang potensinya menjanjikan (*promising*), dimana presentasi unsur kritikal REE ($REY_{def, rel}$) ada dalam kisaran 31% sampai 57% dan koefisien outlook berkisar antara 0,8 sampai 2,4.

Hasil plot antara kandungan REE oksida pada abu batubara (REO_{ASH}) dengan nilai koefisien outlook (C_{outl}) menunjukkan adanya sampel batubara dari Formasi Tanjung dan Formasi Warukin yang masuk ke dalam kategori *promising*.

Saran

Hasil evaluasi yang dilakukan pada sampel batubara dan abu batubara dari dua formasi di Kalimantan menunjukkan hasil yang mengindikasikan adanya potensi REE dalam batubara. Untuk itu perlu adanya kegiatan lanjutan, baik itu berupa penyelidikan lapangan dan penelitian lainnya yang lebih mendetail yang salah satunya adalah dengan cara melakukan analisis laboratorium pada banyak sampel batubara dan abunya sehingga dapat dilakukan dileniasi daerah yang terkayakan REE nya.

Selain hal tersebut, perlu juga dilakukan study mengenai *cut-off grade* REO yang tepat untuk batubara Indonesia sehingga tidak terjadi *over* atau *under confident* dalam menentukan keekonomiannya

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>.
- 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., Finkelman, R.B., 2018. Coal as a promising source of critical elements : Progress and future prospects. *Int. J. Coal Geol.* 186, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.06.005>.
- 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>
- Datanesia, 2022. Rindu batubara.
- Rare Element Resources Ltd, 2016. Rare Earth Elements [WWW Document]. URL <http://www.rareelementresources.com/rare-earth-elements#.XBiJ580xWM8> (accessed 12.18.18).
- Satyana, A.H., Silitonga, P.D., 1994. Tectonic reversal in East Barito basin, South Kalimantan : consideration of the types of inversion structures and petroleum system significance, in: *Proceedings Indonesian Petroleum Association*. pp. 57–74. <https://doi.org/10.29118/ipa.623.57.74>.
- 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. *Appl. 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.
- Witts, D., Hall, R., Nichols, G., Morley, R., 2012. A new depositional and provenance model for the Tanjung Formation, Barito Basin, SE Kalimantan, Indonesia. *J. Asian Earth Sci.* 56, 77–104. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.04.022>.

PEMUTAKHIRAN DATA SUMBER DAYA DAN CADANGAN BATUBARA STATUS TAHUN 2022

Raden Maria Ulfa¹, Arya Juarsa¹, Denni Widhiyatna², dan Penny Oktaviani¹

¹Kelompok Kerja Batubara

²Kelompok Kerja Sarana Teknik

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 2022, sumber daya batubara Indonesia sebanyak 99,19 miliar ton dan 92,13 miliar ton diantaranya telah terverifikasi oleh *Competent Person*. Cadangan batubara Indonesia (0-100 m) sebesar 35,05 miliar ton dan 33,37 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 (Anonim, 2019). 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 2022.

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 (Anonim, 2020).

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 perusahaan 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 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. daya hipotetik tetap dilaporkan.

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 dan 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 1.646 lokasi yang berasal dari 156 dari kegiatan penyelidikan PSDMBP, 60 PKP2B (100%); 6 IUPK (100%); 876 IUP status terdaftar (98%) dan 548 IUP Tidak Terdaftar, penambahan titik data 5 titik hasil kegiatan lapangan PSDMBP dan 74 titik data tambahan IUP periode Januari – Desember tahun 2022. Hanya data sumber daya yang masih melibatkan data IUP Tidak Terdaftar, sementara seluruh data cadangan berasal dari IUP Terdaftar.

Dari total 1.646 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

753 titik telah diverifikasi oleh CP Perusahaan IUP.

Hingga bulan desember tahun 2022, basis data batubara terdiri dari 1.646 lokasi yang tersebar di 23 provinsi. Sumber daya batubara permukaan Indonesia (0 - 100 m) terdiri dari (**Tabel 1**):

- Sumber daya batubara tereka 26,57 Miliar ton.
- Sumber daya batubara terunjuk 32,72 Miliar ton.
- Sumber daya batubara terukur 39,89 Miliar ton.

Total sumber daya batubara permukaan Indonesia (0-100m) tercatat sebesar 99,19 miliar ton dengan total sumber daya terverifikasi 92,13 miliar ton.

Cadangan batubara permukaan Indonesia (0-100 m) terdiri dari cadangan terkira sebesar 16,78 miliar ton dan cadangan terbukti sebesar 18,27 miliar ton. Total cadangan batubara sebesar 35,05 miliar ton dengan total cadangan terverifikasi 33,37 miliar ton.

Sumber daya batubara untuk tambang dalam, yaitu batubara dengan kedalaman lebih dari 100 meter, adalah sebesar 2,6 miliar ton dan total cadangan 452 juta ton.

Tabel 1. Sumber Daya dan Cadangan Batubara Per Provinsi Status Tahun 2022

Provinsi	Target Eksplorasi	Total Inventori	Sumber Daya (Juta Ton)					Cadangan (Juta Ton)			
			Tereka	Tertunjuk	Terukur	Total	Total (terverifikasi)	Terkira	Terbukti	Total	Total (terverifikasi)
Banten	5,47	52,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jawa Tengah	-	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jawa Timur	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aceh	1,155	87,83	275,46	421,87	325,59	1.022,93	803,794	337,85	201,49	539,342	428,646
Sumatera Utara	-	14,62	10,24	8,48	7,55	26,26	-	-	7,12	7,115	-
Riau	36,10	412,05	150,47	502,59	293,51	946,57	901,976	208,98	198,84	407,819	382,820
Sumatera Barat	1,19	318,34	35,95	15,21	35,69	86,85	50,816	16,48	13,26	29,748	8,993
Jambi	142,37	1.704,89	1.153,56	1.157,47	1.865,32	4.176,35	3.476,16	709,37	972,88	1.682,257	1.538,716
Bengkulu	36,86	210,61	139,54	111,54	167,92	418,99	370,782	48,223	76,53	124,757	102,639
Sumatera Selatan	4.885,39	10.749,68	7.384,14	9.311,68	8.163,14	24.858,95	22.473,007	5.431,42	4.376,89	9.808,302	9.345,573
Lampung	-	106,95	149,60	134,20	29,60	313,40	313,400	109,800	-	109,800	109,800
Kalimantan Barat	2,26	463,44	0,98	0,48	-	1,46	1,460	0,430	-	0,430	0,430
Kalimantan Tengah	31,34	3.069,97	4.270,55	3.281,68	3.215,52	10.767,75	8.757,410	1.555,01	1.374,51	2.929,522	2.434,380
Kalimantan Selatan	7,83	1.343,64	3.663,23	4.032,61	7.351,49	15.047,33	14.224,160	1.536,35	3.244,06	4.780,400	4.579,450
Kalimantan Timur	890,55	15.664,33	8.487,92	12.942,97	17.560,83	38.991,71	38.271,996	6.342,01	7.359,51	13.701,524	13.528,948
Kalimantan Utara	25,79	333,32	848,12	792,23	872,35	2.512,70	2.472,187	478,96	440,43	919,398	903,888
Sulawesi Selatan	13,79	25,74	3,02	1,84	0,72	5,57	5,574	1,16	0,61	1,769	1,769
Sulawesi Barat	11,46	26,26	-	-	1,80	1,80	1,80	-	1,26	1,260	1,260
Sulawesi Tengah	0,52	1,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulawesi Tenggara	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maluku Utara	8,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papua Barat	93,66	32,82	4,31	6,24	3,94	14,49	14,490	6,320	4,310	10,630	10,630
Papua	7,20	31,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL INDONESIA	6.201,79	34.650,89	26.577,08	32.721,07	39.894,96	99.193,11	92.139,01	16.782,38	18.271,70	35.054,07	33.377,94

KESIMPULAN

Sumber daya batubara Indonesia terdiri dari sumber daya tereka 26,57 miliar ton, sumber daya tertunjuk 32,72 miliar ton, sumber daya batubara terukur 38,89 miliar ton total sumberdaya batubara permukaan Indonesia tercatat 99,19 miliar ton dengan total sumberdaya terverifikasi 92,13 miliar ton. Cadangan batubara Indonesia (0-100 m) terdiri dari cadangan terkira sebesar 17,94 miliar ton dan cadangan terbukti sebesar 19,57 miliar ton. Total cadangan batubara sebesar 37,52 miliar ton dengan total cadangan terverifikasi 26,26 miliar ton

Nilai cadangan batubara Indonesia sebagian besar diperoleh dari laporan perusahaan pemegang izin usaha PKP2B, IUP PMA, dan IUP PMDN. Adanya

kegiatan operasi produksi batubara dan meningkatnya jumlah perusahaan yang melakukan perhitungan sumber daya dan cadangan dengan menggunakan *Competen Person* telah mengubah angka sumber daya dan cadangan batubara di bulan Juli tahun 2021. Bila dibandingkan dengan data status tahun 2020 terdapat penurunan jumlah sumber daya batubara sebesar 1,07 miliar ton, sedangkan cadangan batubara mengalami penurunan sebanyak 1,28 miliar ton.

Sumber daya batubara untuk tambang dalam yaitu batubara dengan kedalaman lebih dari 100 meter adalah sebesar 35,05 miliar ton dan total cadangan 33,37 juta ton.

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 2022

Muhammad Abdurachman Ibrahim, Arya Juarsa, Eko Budi Cahyono, dan Ibnu Sina

Kelompok Kerja 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 2022, sumber daya gambut hasil penyelidikan Badan Geologi sebesar 13,64 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 riil. 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 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 ($C\text{-organik} > 18\%$ dengan ketebalan 50 cm atau lebih). Dalam pengertian ilmu geologi, gambut merupakan cikal bakal batubara (PSDMBP, 2022). 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, 2022).

Formulir Data Gambut

Formulir *database* gambut terdiri beberapa bagian, yaitu: data umum (jenis laporan, penyelidikan, 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 penguji

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 m³) serta sumber daya gambut (juta ton).

Hingga status Tahun 2022, penyelidikan gambut yang dilakukan oleh PSDMBP terdiri dari 70 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 2022 (Tabel 1) sebesar 13,64 miliar ton gambut kering, pada luas 4,043 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 70 lokasi yang tersebar di Pulau Sumatra sebanyak 31 lokasi, Pulau Kalimantan sebanyak 38 lokasi, dan Pulau Sulawesi sebanyak satu lokasi (Gambar 1). Selama enam tahun terakhir (tahun 2016 – 2021) 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. 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 dimana di atas lahan tersebut banyak terdapat hutan konservasi penyangga ekosistem setempat. Gambut ketika dibakar juga menghasilkan emisi CO₂ 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, 2022) 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. Berdasarkan data tersebut, potensi gambut berketebalan 2 meter dengan luas 7.500 ha diperkirakan dapat menghasilkan listrik sebesar 120 megawatt (MW) selama 20 tahun (PSDMBP, 2022).

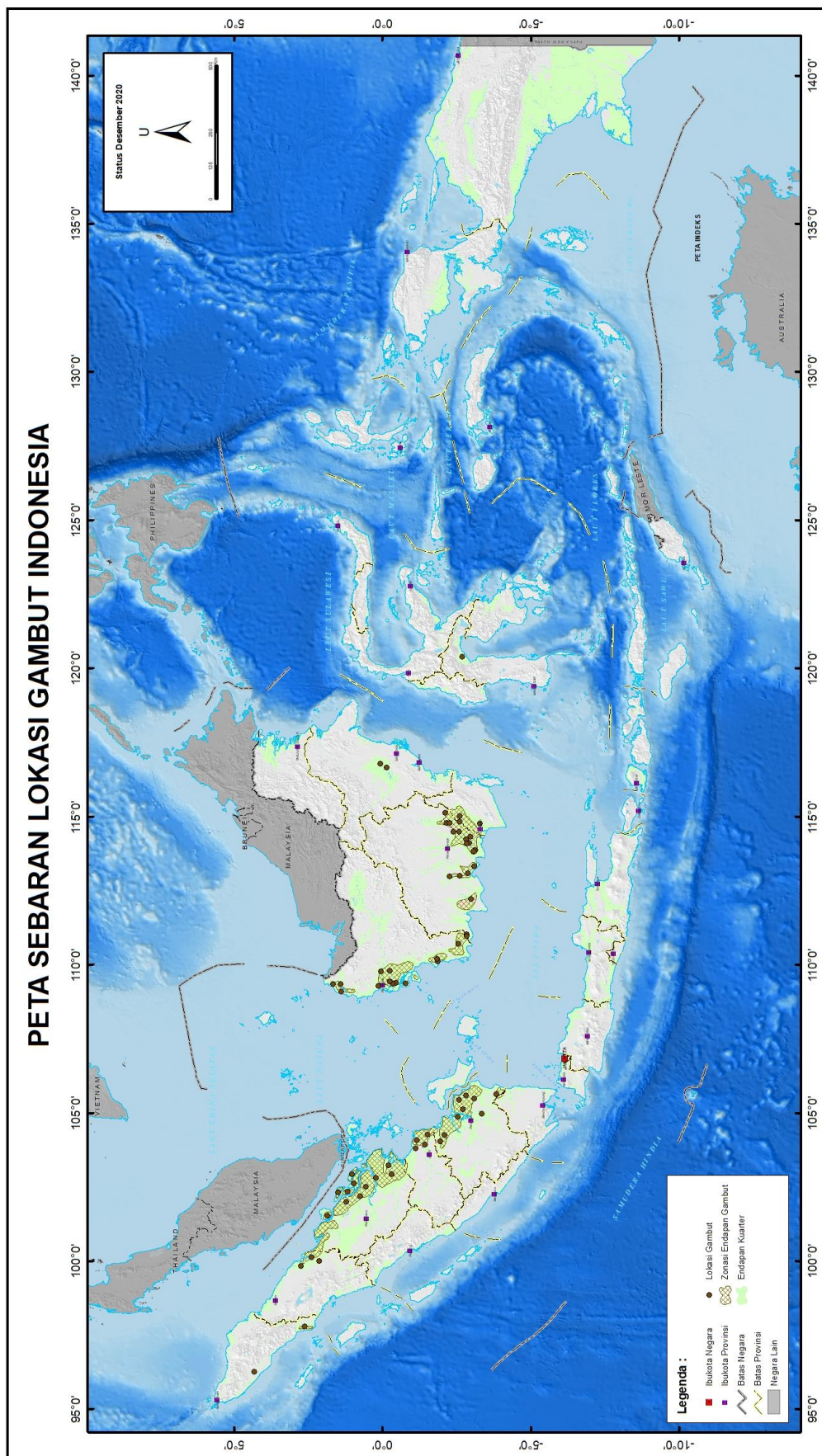
KESIMPULAN

Sumber daya gambut Indonesia sebesar 13,64 miliar ton gambut kering dengan yang tersebar pada lahan luas 4,043 juta hektar (ha), tersebar di 70 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

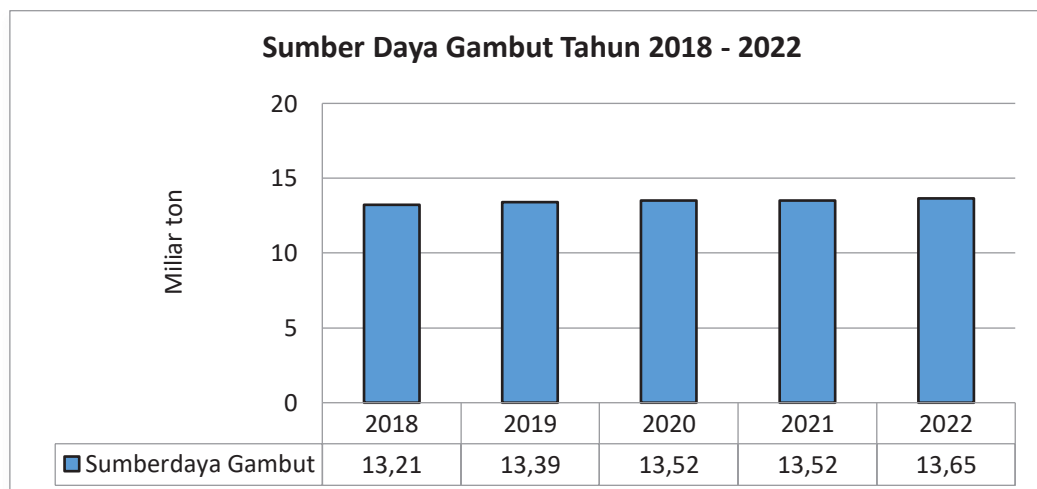
- Anonim, 2022, Buku Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2022, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Bandung.
- Anonim, 2020, *Laporan Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber daya Energi*, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Bandung.

Gambar 1. Peta Sebaran Lokasi Gambut Indonesia



Tabel 1. Sumber Daya Gambut Indonesia Status Tahun 2022

No	Provinsi	Nilai Kalori (kal / gr) adb	Luas (ha)	Volume (juta m3)	Sumber Daya (juta ton)	Update
1	Aceh	1545 - 5035	57.700	2.260,00	239,82	Dec-11
2	Sumatera Utara	4455 - 5540	27.041	30.966,00	166,76	Dec-11
3	Riau	4395 - 5950	1.311.156	50.050,84	5.242,69	Nov-18
4	Jambi	1405 - 5220	260.407	13.393,00	1.648,68	Dec-11
5	Sumatera Selatan	3018 - 5540	447.616	14.973,80	1.396,07	Dec-22
Sumatera			2.103.920	111.643,64	8.694,02	
6	Kalimantan Barat	3210 - 5670	1.016.147	9.009,89	1.129,79	Dec-20
7	Kalimantan Tengah	3395 - 5330	654.520	26.154,32	3.557,58	Aug-18
8	Kalimantan Selatan	2362 - 5320	250.963	1.267,83	223,07	Dec-11
9	Kalimantan Timur	3400 - 5480	16.579	442,37	42,48	Dec-11
Kalimantan			1.938,209	36.874,41	4.952,91	
10	Sulawesi Selatan	4680 - 5220	1.250	9,50	1,25	Dec-11
Sulawesi			1.250	9,50	1,25	
Sumber Daya Gambut Indonesia			4.043.377,69	148.527,55	13.648,18	



Gambar 2. Sumber Daya Gambut Indonesia Tahun 2018 - 2022

PEMUTAKHIRAN DATA SUMBER DAYA GAS METANA BATUBARA (STATUS TAHUN 2022)

Rahmat Hidayat, Fatimah¹, S.S. Rita Susilawati², Denni Widhiyatna³, dan Arya Juarsa¹

¹Kelompok Kerja Batubara

³Kelompok Kerja Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

²Sekretariat Badan Geologi

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 2022, sumber daya GMB Indonesia adalah sebesar 71,24 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 CO₂ 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 Pulau Sumatera (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, hingga Desember 2022, terdapat 16 WK GMB aktif.

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 menggunakan format tertentu. Dalam tabel sumber daya GMB, data yang ditabulasikan adalah data nama cekungan; lokasi keterdapatannya; 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 (GMB)

Hingga bulan Desember tahun 2022, total sumber daya GMB Indonesia adalah sebesar 71,24 Tcf. Tabel 1 menyajikan data sumber daya GMB yang dibuat per cekungan. Di Indonesia,

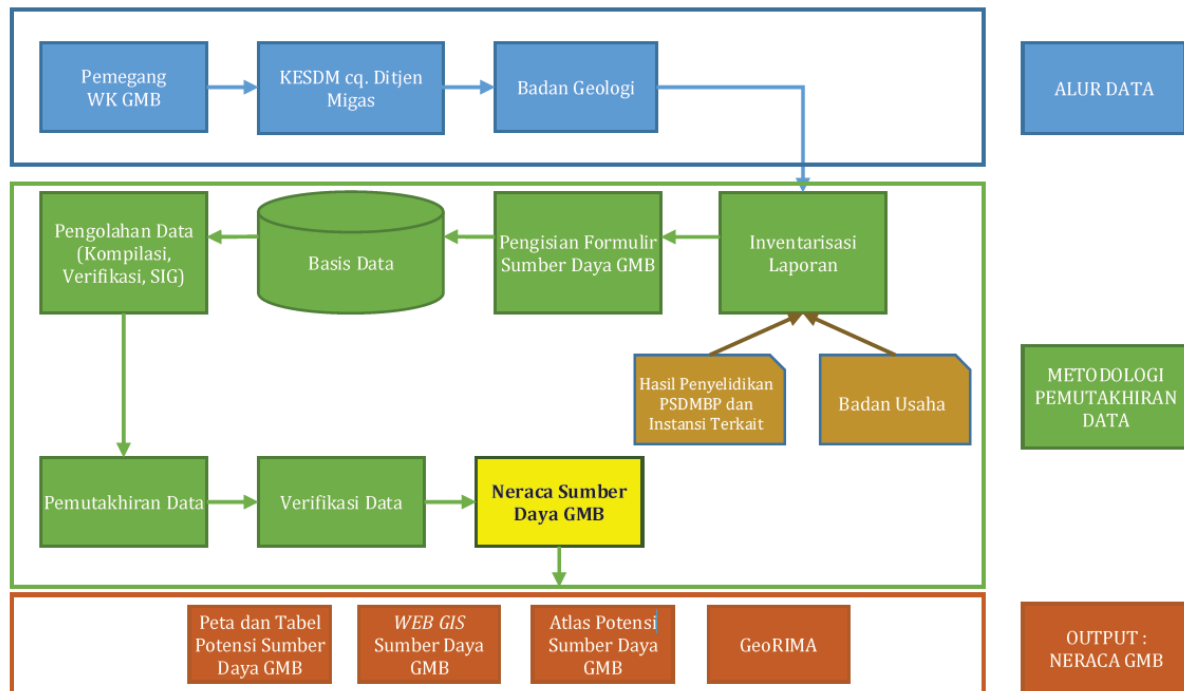
eksplorasi gas metana batubara baru dilakukan di enam cekungan sedimen. Secara umum, Cekungan Kutai memiliki sumber daya GMB terbesar dibanding cekungan lainnya (29,31 Tcf), disusul oleh Cekungan Barito (18,455 Tcf) dan Cekungan Sumatera Selatan (14,770 Tcf). Sumber daya GMB nasional terdiri dari 0,15 Tcf hasil penyelidikan PSDMBP di 16 lokasi dan 71,08 Tcf hasil kegiatan eksplorasi di 54 WK GMB. Jumlah sumber daya GMB Tahun 2022 mengalami peningkatan sebesar 2,4 Tcf apabila dibandingkan dengan sumber daya GMB tahun 2021. Peningkatan jumlah sumber daya GMB pada tahun 2022 berasal dari Wilayah Muara Enim, Muara Enim II dan Tanjung Enim.

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.

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 2022 adalah sebesar 71,24 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.



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 2022

Cekungan	Peringkat Batubara	Ketebalan Batubara (meter)	Kedalaman Batubara (meter)	Kandungan Gas (scf/ton)	Sumber Daya Gas (Tcf)
Sumatera Selatan	Lignit - Bituminus	1 - 46	0 - 794	0,69 - 150,53	14.844
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 - 1500	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 - 1100	0,16 - 231,94	18.522
TOTAL					71.240

PENYUSUNAN STANDAR KINERJA KEGIATAN PENYELIDIKAN BATUBARA

**Dede Ibnu Suhada, David P. Simatupang, Muhammad Abdurachman Ibrahim,
dan Agus Maryono**

Kelompok Kerja Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan penyusunan tentang standar kinerja penyelidikan batubara. Sedangkan tujuan kegiatan adalah membuat standar kinerja kegiatan penyelidikan batubara dan merevisi beberapa SOP dari tahun sebelumnya.

Kegiatan dilaksanakan selama dua belas bulan dimulai dari bulan Januari sampai dengan Desember Tahun 2022. Beberapa kegiatan yang dilakukan diantaranya adalah pengumpulan data sekunder, evaluasi data sekunder, membuat standar kinerja batubara, merevisi SOP penyelidikan batubara, dan terakhir adalah membuat laporan akhir.

Kata kunci: Standar, Kinerja, Batubara, SOP

PENDAHULUAN

Kegiatan penyelidikan merupakan salah satu tupoksi dari Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) dan eksplorasi batubara merupakan salah satu tugas dari Kelompok Kerja Batubara dalam rangka memberikan pelayanan kepada masyarakat berupa penyediaan data sumberdaya batubara di Indonesia.

Data sumberdaya banyak dibutuhkan oleh berbagai pihak untuk berbagai kepentingan. Data sumberdaya yang baik didapatkan dari hasil kegiatan lapangan yang baik. Agar didapatkan data lapangan yang baik tersebut maka diperlukan suatu standar penyelidikan

sesuai dengan peraturan atau undang-undang dan juga Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

Standar kinerja merupakan suatu target, sasaran, dan tujuan yang akan dicapai dari sebuah kegiatan. Kegiatan penyelidikan batubara memerlukan standar kinerja tersebut. Sampai saat ini standar tersebut masih berupa draf standar kinerja. Sedangkan penjabarannya secara teknis diatur oleh beberapa Standar Operasional Prosedur (SOP) baik dari pra kegiatan sampai pasca kegiatan.

Untuk mengetahui target, sasaran, dan tujuan kegiatan penyelidikan batubara maka diperlukan suatu kajian standar kinerja tersebut.

LINGKUP KEGIATAN

Kegiatan kajian standar kinerja ini meliputi;

- Mengumpulkan data-data sekunder berupa Undang-undang, Peraturan pemerintah, SNI, panduan kegiatan lapangan dan SOP.
- Mengevaluasi data-data sekunder; Dilakukan pembahasan terhadap data yang telah dikumpulkan sebagai bahan pembuatan standar kinerja dan SOP.
- Membuat standar kinerja penyelidikan Batubara; Standar yang dibuat ini mulai dari kegiatan penyelidikan umum, prospeksi dan eksplorasi umum.
- Merevisi SOP Tahun 2020 dan 2021; SOP yang dilakukan revisi berjumlah 20 buah baik SOP pra kegiatan lapangan, SOP selama di lapangan, dan SOP pasca kegiatan lapangan.
- Membuat laporan akhir.

Pembahasan mengenai standar kinerja dan pembagian tugas SOP dilakukan beberapa kali melalui rapat internal Kelompok Batubara PSDMBP.

HASIL KEGIATAN

Standar Kinerja Penyelidikan Batubara telah dibuat beberapa tahun yang lalu, saat ini standar kinerja tersebut direvisi sesuai dengan perubahan peraturan atau SNI yang terbaru. Hasil revisi dari standar kinerja ini ditampilkan pada Tabel 3.1 hingga Tabel 3.4 atau Lampiran 1.

Kegiatan Tahapan Eksplorasi dibagi menjadi dua; Eksplorasi Pendahuluan dan Eksplorasi Terperinci (Tabel 3.1). Pembagian ini mengacu pada SNI terbaru yaitu SNI 5015:2019 tentang Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan batubara. Penyelidikan Umum dan Prospeksi termasuk Eksplorasi Pendahuluan, sedangkan Eksplorasi Umum dan Eksplorasi Rinci termasuk Eksplorasi Terperinci. Adapun parameter yang terdapat dalam standar kinerja ini terdiri dari sebelas parameter yang akan dibahas di bawah ini.

Luas daerah

Parameter pertama yang menjadi indikator kinerja adalah luas daerah. Luas daerah penyelidikan di penyelidikan umum, prospeksi dan eksplorasi umum tidak dibatasi, dalam hal ini luasnya menyesuaikan dengan target.

Data Sekunder

Parameter kedua adalah mengenai data sekunder, pada penyelidikan umum maupun prospeksi, data sekunder yang digunakan hampir sama yaitu Peta Geologi, Peta Rupa Bumi, dan Laporan penyelidikan terdahulu. Untuk penyelidikan umum peta geologi yang digunakan skala sama dengan atau lebih dari 1 : 250.000, sedangkan pada prospeksi skala 1:

Tabel 1. Standar Kinerja Penyelidikan Batubara bagian 1

PARAMETER INDIKATOR KINERJA	TAHAPAN EKSPLORASI			
	EKSPLORASI PENDAHULUAN		EKSPLORASI TERPERINCI	
	PENYELIDIKAN UMUM	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Luas Daerah	tidak dibatasi (menyesuaikan dengan target)	tidak dibatasi (menyesuaikan dengan target)	Dibatasi sesuai target lebih detail (menyesuaikan dengan target)	
Data Sekunder	- Peta geologi skala $\geq 1:250.000$ - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan penyelidikan terdahulu	- Peta geologi skala 1:250.000 s/d 1:100.000 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan penyelidikan terdahulu	- Peta geologi skala 1:100.000 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan penyelidikan terdahulu - Peta geologi skala 1:100.000 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan penyelidikan umum - Laporan prospeksi - Laporan penyelidikan terdahulu	
Metode Penyelidikan *Disesuaikan dengan kebutuhan target penyelidikan	- Studi geologi regional, yaitu: - Interpretasi inderaja → diantaranya interpretasi Digital Elevation Model (DEM), foto udara - Penyelidikan lapangan pendahuluan/pemetaan	- Pemetaan geologi - Pemetaan topografi - Pengukuran penampang stratigrafi (pps) - Pembuatan parit/sumur uji - Pengeboran: - Survei geofisika (, GPR, logging, geolistrik)* - Pengambilan sampel dan analisis	- Pemetaan geologi - Pemetaan topografi - Pengukuran penampang stratigrafi (pps) - Pembuatan parit/sumur uji - Pengeboran: - Survei geofisika (, GPR,	

250.000 sampai 1:100.000. Peta RBI yang digunakan berasal dari Badan Informasi. Data sekunder terakhir berupa laporan dari penyelidik terdahulu baik dari PSDMBP maupun dari luar PSDMBP.

Metode penyelidikan

Parameter ketiga adalah metode penyelidikan. Metode yang digunakan pada penyelidikan umum terdiri dari tiga tahap, yaitu studi geologi regional yang meliputi interpretasi inderaja, baik *Digital Elevation Model* (DEM) atau foto udara; penyelidikan lapangan pendahuluan atau pemetaan awal; dan terakhir pengambilan sampel dan analisis laboratorium.

Metode pada prospeksi meliputi pemetaan geologi, pemetaan topografi, pengukuran penampang stratigrafi,

pembuatan parit atau sumur uji, pengeboran, survei geofisika, pengambilan sampel dan analisis laboratorium.

Kerapatan titik pengamatan

Parameter keempat adalah kerapatan titik pengamatan (Tabel 3.2). Mengacu pada SNI 5015:2019 maka dasar klasifikasinya adalah tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan. Kondisi geologi dibagi menjadi tiga yaitu sederhana, moderat dan kompleks dengan jarak masing-masing bisa dilihat di Tabel 3.2. Kerapatan titik pengamatan untuk target eksplorasi tidak dibatasi. Sedangkan untuk inventori dan eksplorasi umum terbagi menjadi tereka, terunjuk dan terukur. Sedangkan untuk inventori dan eksplorasi umum

Tabel 2. Standar Kinerja Penyelidikan Batubara bagian 2

PARAMETER INDIKATOR KINERJA		TAHAPAN EKSPLORASI																												
		EKSPLORASI PENDAHULUAN		EKSPLORASI TERPERINCI																										
		PENYELIDIKAN UMUM	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI																									
		geologi awal Pengambilan sampel dan analisis		- logging, geolistrik)* - Pengambilan sampel dan analisis - Pemetaan geologi blok detail - Pemetaan topografi - Pengeboran sistematis - Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi) Pengambilan sampel dan analisis																										
Kerapatan Titik Pengamatan (singkapan, parit/sumur uji, titik bor) *Disesuaikan dengan kompleksitas geologi			<table><tr><th>Kondisi Geologi</th><th>Target Eksplorasi</th><th colspan="3">Inventori</th></tr><tr><td rowspan="3">Sederhana</td><td rowspan="3">Jarak tidak dibatasi</td><td>Tereka</td><td>Tertunjuk</td><td>Terukur</td></tr><tr><td>1000 - 1500 m</td><td>500 - 1000 m</td><td>< 500 m</td></tr><tr><td>500 - 1000 m</td><td>250 - 500 m</td><td>< 250 m</td></tr><tr><td>Kompleks</td><td></td><td>250 - 500 m</td><td>100 - 250 m</td><td>< 100 m</td></tr><tr><td colspan="5">Jumlah titik pengamatan minimal 3 titik pengamatan</td></tr></table>	Kondisi Geologi	Target Eksplorasi	Inventori			Sederhana	Jarak tidak dibatasi	Tereka	Tertunjuk	Terukur	1000 - 1500 m	500 - 1000 m	< 500 m	500 - 1000 m	250 - 500 m	< 250 m	Kompleks		250 - 500 m	100 - 250 m	< 100 m	Jumlah titik pengamatan minimal 3 titik pengamatan					
Kondisi Geologi	Target Eksplorasi	Inventori																												
Sederhana	Jarak tidak dibatasi	Tereka	Tertunjuk	Terukur																										
		1000 - 1500 m	500 - 1000 m	< 500 m																										
		500 - 1000 m	250 - 500 m	< 250 m																										
Kompleks		250 - 500 m	100 - 250 m	< 100 m																										
Jumlah titik pengamatan minimal 3 titik pengamatan																														
Panjang Lintasan (parit uji, pengukuran penampang stratigrafi, survei geofisika (seismik)) *Disesuaikan dengan kompleksitas geologi	Tidak dibatasi		60 - 120 km	Menyesuaikan dengan luas blok eksplorasi umum																										
Jumlah Personil (orang)	5 orang terdiri: 3 ahli geologi 2 teknisi	7 orang tim geologi terdiri: 3 ahli geologi 4 teknisi		7 orang tim geologi terdiri: 3 ahli geologi 4 teknisi																										
		10 orang tim geofisika terdiri: 2 ahli geologi 4 ahli geofisika 4 teknisi		10 orang tim geofisika terdiri: 2 a 10 orang tim geofisika terdiri: 2 ahli geologi 4 ahli geofisika 2 teknisi topografi hii geologi 4 ahli geofisika 4 teknisi																										
Waktu yang Diperlukan	Mudah	25 – 30 hari	30 – 35 hari	45-60 hari																										

Panjang Lintasan

Parameter selanjutnya adalah panjang lintasan. Panjang lintasan untuk penyelidikan umum tidak dibatasi, sedangkan prospeksi panjang lintasannya 60 s.d. 120 km. Sedangkan panjang lintasan untuk eksplorasi umum menyesuaikan dengan luas blok eksplorasi umum tersebut.

Jumlah Personil

Parameter keenam adalah jumlah personil. Untuk penyelidikan umum berjumlah 5 orang yang terdiri dari 3 ahli geologi dan 2 orang teknisi. Sedangkan prospeksi dibagi dua tim, yaitu; tim geologi 7 orang, terdiri dari 3 ahli geologi dan 4 teknisi; dan tim geofisika berjumlah 10

orang terdiri dari 2 ahli geologi, 4 ahli geofisika dan 4 teknisi.

Waktu yang diperlukan

Waktu yang diperlukan merupakan parameter ketujuh (Tabel 3.3.). Waktu ini dibedakan menjadi 3 sesuai dengan tingkat kesulitan aksesibilitas dan kondisi geologinya. Untuk lokasi yang mudah penyelidikan umum berkisar 25 s.d. 30 hari sedangkan prospeksi 30 s.d. 35 hari. Lokasi yang sedang penyelidikan umum berkisar 30 s.d. 35 hari sedangkan prospeksi 30 s.d. 40 hari. Terakhir lokasi yang sulit penyelidikan umum berkisar 35 s.d. 40 hari sedangkan prospeksi 35 s.d. 50 hari.

Tabel 3. Standar Kinerja Penyelidikan Batubara bagian 3

PARAMETER INDIKATOR KINERJA		TAHAPAN EKSPLORASI			
		EKSPLORASI PENDAHULUAN		EKSPLORASI TERPERINCI	
		PENYELIDIKAN UMUM	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Waktu yang Diperlukan (hari**)	Mudah	25 – 30 hari	30 – 35 hari	45-60 hari	
	Sedang	30 – 35 hari	30 – 40 hari		
	Sulit	35 – 40 hari	35 – 50 hari		
Metode Pengambilan Sampel		Grab <i>sampling</i>	Grab <i>sampling</i> , parit/ sumur uji, inti pengeboran	Grab <i>sampling</i> , inti pengeboran	
Jumlah Titik Pengambilan Sampel Batubara		Minimal 3 titik sampel	Minimal 10 titik sampel	Minimal 15 sampel	
Analisis Laboratorium		• Proksimat • Ultimat • Kadar air bebas • Kadar air total • Nilai kalori • Total Sulfur • Berat Jenis • Petrografi Organik • HGI • Abu batubara/major element • Swelling indeks *) untuk kalori tinggi	• Proksimat • Ultimat • Kadar air bebas • Kadar air total • Nilai kalori • Total Sulfur • Berat Jenis • Petrografi Organik • HGI • Abu batubara/major element • Swelling indeks *) untuk kalori tinggi	• PrProksimat • Ultimat • Kadar air bebas • Kadar air total • Nilai kalori • Total Sulfur • Berat Jenis • Petrografi Organik • HGI • Abu batubara/major element • Swelling indeks *) untuk kalori tinggi • oksimat • Ultimat • Kadar air bebas • Kadar air total • Nilai kalori • Total Sulfur • Berat Jenis • Petrografi Organik • HGI • Abu batubara/major element • Swelling indeks *) untuk kalori tinggi • Adsorption isotherm *) untuk mendukung GMB • Kandungan dan komposisi gas	

Metode pengambilan sampel

Parameter kedelapan adalah metode pengambilan sampel. Pada tahap penyelidikan umum hanya menggunakan *grab sampling*, sedangkan pada tahap prospeksi dilakukan *grab sampling*, parit atau sumur uji, dan pengeboran inti.

Jumlah titik pengambilan sampel

Parameter selanjutnya adalah jumlah titik pengambilan sampel batubara. Untuk penyelidikan umum minimal ada 3 titik sampel, prospeksi minimal 10 titik sampel, sedangkan eksplorasi umum minimal berjumlah 15 sampel. Tata cara

pengambilan sampel ini dijelaskan di SOP pada lampiran laporan ini.

Analisis laboratorium

Analisis laboratorium merupakan parameter kesepuluh. Baik pada penyelidikan umum maupun prospeksi, analisis yang dilakukan sama yaitu proksimat, ultimat, kadar air bebas, kadar air total, nilai kalori, sulfur total, berat jenis, petrografi organik, *Hardgroove Grindability Index* (HGI), abu batubara atau *major element*, dan terakhir *swelling index* untuk batubara kalori tinggi. Analisis ini biasa dilakukan di laboratorium PSDMBP.

Keluaran

Terakhir atau parameter kesebelas adalah keluaran berupa laporan, penampang dan peta (Tabel 3.4). Peta terdiri dari peta lintasan, peta geomorfologi dan peta geologi dengan skala menyesuaikan dengan tahapan kegiatan. Peta dibuat dengan menggunakan perangkat *Geographic Information System* (GIS) dengan format yang sudah ada di Kelompok Batubara PSDMBP. Sedangkan kegiatan yang ada pengeboran dilampirkan juga log bor dengan skala 1:100.

Laporan di penyelidikan umum memuat daerah prospek endapan batubara dengan disertai target eksplorasi. Pada prospeksi laporannya disertai daerah prospek endapan batubara dengan estimasi inventori. Sedangkan di eksplorasi umum di laporannya memuat daerah prospek endapan batubara dengan disertai estimasi sumberdaya.

Revisi Standar Operasional Prosedur

Jumlah SOP yang direvisi pada kegiatan ini sebanyak 20 (dua puluh) SOP. Sebanyak lima SOP telah direvisi di tahun 2021. Berikut rincian dari 20 (dua puluh) SOP tersebut:

1. SOP Penyelidikan Umum Batubara
2. SOP Prospeksi Batubara
3. SOP Eksplorasi Umum Batubara
4. SOP Pengeboran Dalam Batubara
5. SOP Penanganan Sampel Core dari Hasil Pengeboran
6. SOP Survei Tinjau Gambut
7. SOP Prospeksi Gambut
8. SOP Pengambilan Sampel Gambut dengan Bor Tangan
9. SOP Survei Seismik Batubara
10. SOP Survei Geolistrik Gambut
11. SOP Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR) Gambut
12. SOP Penentuan Lokasi Pengeboran GMB
13. SOP Penentuan Komposisi Gas Metana Batubara
14. SOP Pengambilan Sampel Core Batubara untuk Analisis Gas
15. SOP Pengukuran Volume Gas Metana Batubara dari Sampel Core Batubara
16. SOP Pengiriman Sampel ke Laboratorium
17. SOP Evaluasi Usulan Wilayah Izin Usaha Wilayah Pertambangan (WIUP), Wilayah Izin Usaha Pertambangan Khusus (WIUPK) dan Wilayah Kerja (WK) Gas Metana Batubara
18. SOP Pra dan Pasca Pengeboran Batubara
19. SOP Survei *Logging* Batubara
20. SOP Pengambilan Sampel Batubara Permukaan

Tabel 4. Standar Kinerja Penyelidikan Batubara bagian 4

PARAMETER INDIKATOR KINERJA		TAHAPAN EKSPLORASI			
		EKSPLORASI PENDAHULUAN		EKSPLORASI TERPERINCI	
		PENYELIDIKAN UMUM	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Keluaran (laporan dan peta)	Peta	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran batubara	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (singkapan, parit/ sumur uji, titik bor) skala min. 1:50.000 - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran batubara	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (si Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (singkapan, parit/ sumur uji, titik bor) skala min. 1:50.000 - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran batubarakapan, parit/ sumur uji, titik bor) skala min. 1:50.000 - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran batubara	
	Penampang/ Sketsa/ Model	Penampang geologi	- Penampang geologi skala 1:50.000 / 1:100.000 - Profil satuan batuan/ formasi (skala disesuaikan) - Sketsa/ Profil singkapan, sumur/ parit uji, log bor skala 1:100	- Penampang geologi skala 1:50.000 Penampang geologi skala 1:50.000 / 1:100.000 - Profil satuan batuan/ formasi (skala disesuaikan) - Sketsa/ Profil singkapan, sumur/ parit uji, log bor skala 1:100 - Profil satuan batuan/ formasi (skala disesuaikan) - Sketsa/ Profil singkapan, sumur/ parit uji, log bor skala 1:100	
	Laporan	Laporan daerah prospek endapan batubara disertai estimasi target eksplorasi/	Laporan daerah prospek endapan batubara disertai estimasi inventori	Laporan daerah prospek endapan batubara Laporan daerah prospek endapan batubara disertai estimasi sumberdaya disertai estimasi inventori	

Revisi SOP dilakukan oleh seluruh anggota tim. Revisi menjelaskan perubahan dari tahun 2019 atau 2020, 2021 ke tahun 2022. Revisi ini umumnya berkaitan dengan peraturan yang telah berubah, perubahan organisasi di PSDMBP dan juga SNI terbaru yang digunakan dalam SOP mengacu pada SNI 5015:2019.

KESIMPULAN

Dari kegiatan Standar Kinerja ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Standar kinerja penyelidikan batubara terdiri dari penyelidikan umum, prospeksi dan eksplorasi

umum.

2. Parameter indikator kinerja terdiri dari sebelas parameter.
3. Laporan penyelidikan umum merupakan laporan daerah prospek endapan batubara disertai estimasi target eksplorasi.
4. Laporan prospeksi disertai estimasi inventori.
5. Laporan eksplorasi umum disertai estimasi sumberdaya.
6. Revisi SOP telah dilakukan terhadap 20 (dua puluh) SOP. SOP tersebut meliputi pra sampai pasca kegiatan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

SNI 5015:2019, Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, Sumberdaya dan cadangan batubara. BSN, Jakarta.

EVALUASI STANDAR KINERJA PENYELIDIKAN SERTA ESTIMASI SUMBER DAYA DAN CADANGAN ASPAL BUTON

Dede Ibnu Suhada, Soleh Basuki Rahmat, Sigit A Wibisono, dan Robet L. Tobing

Kelompok Kerja Batubara

Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi

SARI

Kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan evaluasi standar kinerja penyelidikan serta estimasi sumberdaya dan cadangan asbuton. Tujuan kegiatan tersedianya standar kinerja penyelidikan serta estimasi sumberdaya dan cadangan asbuton, menjadi bahan acuan dalam menyusun standar metode estimasi sumberdaya dan cadangan asbuton yang dapat digunakan oleh para pihak terkait. Kegiatan dilaksanakan selama dua bulan dimulai dari bulan November sampai dengan Desember Tahun 2022. Beberapa kegiatan yang dilakukan diantaranya adalah pengumpulan data sekunder atau kemudian mengevaluasi data-data tersebut, membuat standar kinerja asbuton, membuat draft SOP penyelidikan asbuton dan terakhir adalah membuat laporan akhir.

Kata kunci: Standar, Kinerja, Asbuton, SOP

PENDAHULUAN

Kegiatan penyelidikan merupakan salah satu tupoksi dari Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) dan eksplorasi aspal merupakan salah satu tugas dari Kelompok Kerja Batubara dalam rangka memberikan pelayanan kepada masyarakat berupa penyediaan data sumberdaya aspal di Indonesia.

Data sumberdaya banyak dibutuhkan oleh berbagai pihak untuk berbagai kepentingan. Data sumberdaya yang baik didapatkan dari hasil kegiatan lapangan yang baik. Data lapangan yang baik didapatkan dengan menerapkan suatu

standar penyelidikan sesuai dengan peraturan atau undang-undang dan juga SNI yang berlaku.

Standar kinerja merupakan suatu target, sasaran, dan tujuan yang akan dicapai dari sebuah kegiatan. Kegiatan penyelidikan aspal memerlukan standar kinerja tersebut. Sampai saat ini standar tersebut masih berupa draf standar kinerja. Sedangkan penjabarannya secara teknis diatur oleh beberapa SOP baik dari pra kegiatan sampai pasca kegiatan.

Untuk mengetahui target, sasaran, dan tujuan kegiatan penyelidikan asbuton maka diperlukan suatu kajian standar kinerja tersebut.

LINGKUP KEGIATAN

Kegiatan kajian standar kinerja ini diantaranya meliputi ;

- Mengumpulkan data-data sekunder berupa Undang-undang, Peraturan pemerintah, SNI, Panduan kegiatan lapangan dan SOP.
- Mengevaluasi data-data sekunder. Dilakukan pembahasan terhadap data yang telah dikumpulkan sebagai bahan pembuatan standar kinerja dan SOP.
- Membuat standar kinerja penyelidikan Asbuton. Standar yang dibuat ini mulai dari kegiatan survey tinjau, prospeksi dan eksplorasi umum.
- Membuat laporan akhir.

Pembahasan mengenai standar kinerja dan pembagian tugas SOP dilakukan beberapa kali di rapat internal Kelompok Batubara PSDMBP. Selain rapat internal dilakukan juga *Focus Group Discussion* (FGD) dan seminar untuk mendapatkan masukan dari berbagai kalangan tentang asbuton pada umumnya dan standar kinerja pada khususnya.

HASIL KEGIATAN

Kegiatan Tahapan Eksplorasi dibagi menjadi dua; Eksplorasi Pendahuluan dan Eksplorasi Terperinci.

Luas daerah

Parameter yang menjadi indikator kinerja terdiri dari 11 sebelas (Tabel 1 s.d.

Pembagian ini mengacu pada SNI lama yaitu SNI 13-5014-1998 tentang Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara. Survey Tinjau dan Prospeksi termasuk Eksplorasi Pendahuluan, sedangkan Eksplorasi Umum dan Eksplorasi Rinci termasuk Eksplorasi Terperinci.

Survei tinjau merupakan tahap awal eksplorasi aspal dengan mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi terdapat asbuton pada skala regional disertai pemetaan lapangan pendahuluan. Prospeksi merupakan tahap selanjutnya setelah survei tinjau dengan mempersempit daerah yang mengandung aspal diidentifikasi dengan metode pemetaan pada blok prospek, pembuatan sumur/parit uji, survei geofisika, dan pengeboran. Eksplorasi umum dilakukan untuk memperoleh informasi secara lebih detail dan sistematis mengenai lokasi, dimensi, sebaran, kualitas, dan peningkatan sumberdaya asbuton. Eksplorasi rinci dilakukan untuk mendapatkan informasi teknis secara terperinci dan teliti untuk mendapatkan peningkatan sumberdaya asbuton.

Kegiatan yang dilakukan Kelompok Batubara hanya sampai Eksplorasi Umum sedangkan Eksplorasi Rinci dilakukan oleh pihak perusahaan. Berikut di bawah ini adalah beberapa parameter dari indikator kinerja yang akan dijelaskan satu persatu.

3). Pertama adalah luas daerah. Luas daerah penyelidikan di survey tinjau tidak dibatasi, sedangkan untuk prospeksi dan

eksplorasi umum dibatasi, hal ini luasnya menyesuaikan dengan target.

Data Sekunder

Parameter kedua adalah mengenai Kedua yaitu data sekunder; di ketiga tahapan hampir sama yaitu Peta Geologi, Peta Rupa Bumi, dan Laporan penyelidikan terdahulu. Untuk survey tinjau peta geologi yang digunakan skala sama dengan atau lebih dari 1 : 250.000, pada prospeksi skala 1: 250.000 sampai 1:100.000, sedangkan pada eksplorasi umum skala 1:100.000.

Peta RBI yang digunakan berasal dari Badan Informasi Geospasial skala 1:50.000. Data sekunder terakhir berupa laporan dari penyelidikan terdahulu baik dari PSDMBP maupun dari luar PSDMBP

Metode penyelidikan

Metode yang digunakan pada penyelidikan umum terdiri dari tiga tahap, yaitu studi geologi regional yang meliputi interpretasi inderaja, baik *Digital Elevation Model* (DEM) atau foto udara; penyelidikan lapangan pendahuluan atau pemetaan awal; dan terakhir pengambilan sampel dan analisis laboratorium.

Metode pada prospeksi meliputi pemetaan geologi, pemetaan topografi, pengukuran penampang stratigrafi, pembuatan parit atau sumur uji, pengeboran, survei geofisika, pengambilan sampel dan analisis laboratorium.

Kerapatan titik pengamatan

Keempat adalah kerapatan titik pengamatan. Titik pengamatan asbuton adalah tempat diperolehnya informasi yang digunakan untuk menentukan kuantitas asbuton dengan data permukaan atau bawah permukaan. Lokasi dan ketebalan harus jelas, ditambahkan data jurus dan kemiringan, sehingga dapat diambil sebagai data untuk dimasukkan dalam estimasi sumber daya asbuton. Singkapan, dan titik pengeboran dapat menjadi titik pengamatan asbuton. Untuk survey tinjau dan prospeksi jaraknya tidak dibatasi. Sedangkan eksplorasi umum dibatasi minimal 500 meter.

Panjang Lintasan

Kelima adalah Panjang Lintasan. Panjang lintasan untuk survey tinjau tidak dibatasi. Untuk prospeksi panjang lintasannya menyesuaikan dengan luas blok prospek. Sedangkan eksplorasi umum menyesuaikan dengan luas blok eksplorasi umum.

Jumlah Personil

Bagian keenam adalah jumlah personil. Untuk survey tinjau berjumlah 5 orang yang terdiri dari 3 ahli geologi dan 2 orang teknisi. Sedangkan prospeksi dan eksplorasi umum dibagi tiga tim yaitu tim geologi, tim pengeboran dan tim geofisika. Tim geologi 3 orang, terdiri dari 2 ahli geologi dan 1 teknisi, sedangkan tim geofisika berjumlah 6 orang terdiri dari 4 ahli geofisika dan 2 ahli topografi.

Tabel 1. Standar Kinerja Penyelidikan Asbuton bagian 1

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	- Peta geologi skala $\geq 1:250.000$ - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan penyelidikan terdahulu	- Peta geologi skala 1:250.000 s/d 1:100.000 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan survei tinjau - Laporan penyelidikan terdahulu	- Peta geologi skala 1:100.000 - Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Skala 1:50.000 - Laporan survei tinjau - Laporan prospeksi - Laporan penyelidikan terdahulu	
Metode Penyelidikan	- Studi geologi regional - Interpretasi inderaja → diantaranya interpretasi Digital Elevation Model (DEM), foto udara, LiDAR - Penyelidikan lapangan pendahuluan/pemetaan geologi awal - Pengambilan sampel dan analisis	- Pemetaan geologi blok prospek - Pemetaan topografi - Pengukuran penampang straight (pps) - Pengeboran kedalaman <50m (outcrop drilling) - Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi) - Pengambilan sampel dan analisis	- Pemetaan geologi blok detail - Pemetaan topografi - Pengeboran sistematis kedalaman <50m (infill drilling) - Survei geofisika (geolistrik, georadar, seismik refraksi) - Pengambilan sampel dan analisis	
Kerapatan Titik Pengamatan (singkapan, titik bor)	Tidak dibatasi (menyesuaikan keyakinan geologi)	Tidak dibatasi (menyesuaikan keyakinan geologi)	Minimal 500 meter (menyesuaikan keyakinan geologi)	
Panjang Lintasan (pengukuran penampang stratigrafi, survei geofisika seismik)	Tidak dibatasi	Menyesuaikan dengan luas blok prospek	Menyesuaikan dengan luas blok eksplorasi umum	

Tabel 2. Standar Kinerja Penyelidikan Asbuton bagian 2

PARAMETER INDIKATOR KINERJA	TAHAPAN EKSPLORASI			
	SURVEI TINJAU	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Jumlah Personil (orang)	5 orang terdiri: 3 ahli geologi 2 teknisi	3 orang tim geologi terdiri: 2 ahli geologi 1 teknisi 4 orang tim pengeboran terdiri: 4 juru bor 6 orang tim geofisika terdiri: 4 ahli geofisika 2 teknisi topografi	3 orang tim geologi terdiri: 2 ahli geologi 1 teknisi 4 orang tim pengeboran terdiri: 4 juru bor 6 orang tim geofisika terdiri: 4 ahli geofisika 2 teknisi topografi	
Waktu yang Diperlukan (hari)	25-30 hari	40-45 hari	45-60 hari	
Metode Pengambilan Sampel	Grab sampling	Grab sampling, inti pengeboran	Grab sampling, inti pengeboran	
Jumlah Titik Pengambilan Sampel Asbuton	Minimal 4 sampel	Minimal 10 sampel	Minimal 15 sampel	
Analisis Laboratorium	- Ekstraksi asbuton - Pirolisis batuan - Retort - TOC - Ultimat - Kadar air (moisture) - Berat Jenis - Petrografi Organik	- Ekstraksi asbuton - Pirolisis batuan - Retort - TOC - Ultimat - Kadar air (moisture) - Berat Jenis - Petrografi Organik	- Ekstraksi asbuton - Pirolisis batuan - Retort - TOC - Ultimat - Kadar air (moisture) - Berat Jenis - Petrografi Organik	

Tabel 3. Standar Kinerja Penyelidikan Asbuton bagian 3

PARAMETER INDIKATOR KINERJA		TAHAPAN EKSPLORASI			
		SURVEI TINJAU	PROSPEKSI	EKSPLORASI UMUM	EKSPLORASI RINCI
Keluaran (laporan dan peta)	Peta	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran asbuton	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (singkapan, titik bor) - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran asbuton	- Peta lintasan pengamatan, lokasi pengambilan sampel (singkapan, titik bor) - Peta geomorfologi - Peta geologi dan sebaran asbuton	
	Penampang/ Sketsa/ Model	Penampang geologi	- Penampang geologi - Sketsa/ profil singkapan, log bor skala 1:100 - Penampang lintasan survei geofisika	- Penampang geologi - Profil satuan batuan/ formasi (skala disesuaikan) - Sketsa/ profil singkapan, log bor skala 1:100 - Penampang lintasan survei geofisika - Peta isopach asbuton	
	Laporan	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya hipotetik	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya tereka	Laporan daerah prospek asbuton disertai estimasi sumber daya tertunjuk	

Waktu yang diperlukan

Waktu yang diperlukan merupakan bagian ketujuh. Untuk lokasi survey tinjau berkisar 25 s.d. 30 hari, prospeksi 40 s.d. 45 hari. Sedangkan terakhir eksplorasi umum berkisar 45 s.d. 60 hari. Perbedaan hari disebabkan adanya perbedaan metode pengambilan sampel di tiap tahapan.

Metode pengambilan sampel

Kedelapan adalah metode pengambilan sampel. Survey tinjau hanya menggunakan *grab sampling* sedangkan prospeksi dan eksplorasi umum ada 2 yaitu *grab sampling* dan pengeboran inti.

Jumlah titik pengambilan sampel

Kesembilan adalah jumlah titik pengambilan sampel batubara. Untuk survey tinjau minimal ada 4 titik sampel, prospeksi minimal 10 titik sampel, sedangkan eksplorasi umum minimal

berjumlah 15 sampel. Tata cara pengambilan sampel ini akan dijelaskan di SOP yang akan disusun.

Analisis laboratorium

Analisis laboratorium bagian sepuluh. Di ketiganya sama yaitu ekstraksi asbuton, pirolisis batuan, retort, TOC, ultimat, kadar air (*moisture*), berat jenis, dan petrografi orhanik.. Analisis ini biasa dilakukan di laboratorium PSDMBP dan Balai Bahan Jalan, Kementerian PUPR.

Keluaran

Terakhir atau kesebelas adalah keluaran berupa laporan, penampang dan peta. Peta terdiri dari peta lintasan, peta geomorfologi dan peta geologi dengan skala menyesuaikan dengan tahapan kegiatan. Peta dibuat dengan menggunakan perangkat GIS dengan format baku yang sudah ada di Kelompok Batubara PSDMBP. Sedangkan kegiatan

yang ada pengeboran dilampirkan juga log bor dengan skala 1:100.

Laporan survey tinjau memuat daerah prospek asbuton dengan disertai estimasi sumberdaya hipotetik. Pada prospeksi laporannya disertai daerah prospek asbuton dengan estimasi sumberdaya tereka. Sedangkan di eksplorasi umum di laporannya memuat daerah prospek asbuton dengan disertai estimasi sumberdaya tertunjuk.

Sumberdaya asbuton adalah sumber daya asbuton merupakan bagian dalam bantuk dan kuantitas tertentu serta mempunyai kemungkinan untuk dapat ditambang secara ekonomis. Lokasi, kualitas, kuantitas, karakteristik geologi dan kemenerusan telah diketahui, diperkirakan, dan atau diinterpretasikan dari data eksplorasi tertentu. Sumber daya asbuton dibagi sesuai tingkat keyakinan geologi ke dalam kategori hipotetik, tereka, tertunjuk, dan terukur. Sumberdaya asbuton hanya dapat diestimasi menggunakan data yang didapat dari titik pengamatan. Data interpretasi (hasil interpretasi geofisika) bukan merupakan titik pengamatan, akan tetapi mungkin dapat meningkatkan keyakinan dalam memperkirakan kemenerusan cebakan asbuton. Hasil estimasi sumberdaya asbuton belum mempertimbangkan prospek beralasan dan dapat ditambang secara ekonomis.

Estimasi sumberdaya merupakan estimasi sumberdaya asbuton I dihitung

menggunakan rumus (Luas Daerah Pengaruh x Tebal x Berat Jenis). Estimasi sumber daya dilakukan berdasarkan keyakinan geologi (panjang dan lebar), sehingga kategori sumber daya (hipotetik, tereka, tertunjuk, dan terukur) dapat berbeda sesuai dengan keyakinan geologi dan kerapatan titik pengamatan. Tebal dari lapisan asbuton harus jelas untuk dapat dimasukkan dalam estimasi sumberdaya asbuton. Berat jenis didapatkan dari hasil analisis laboratorium. Dalam estimasi sumberdaya asbuton tidak menerapkan konsep kemenerusan, karena cebakan aspal pada umumnya dijumpai secara setempat (*spotted*), sehingga estimasi sumber daya aspal tergantung pada keyakinan geologi (dapat menggunakan daerah pengaruh).

Terakhir yaitu kadar asbuton merupakan kadar aspal yang diperoleh dari hasil ekstraksi asbuton. Hasil estimasi sumberdaya akan dikalikan dengan kadar asbuton untuk mendapatkan estimasi kadar aspal secara keseluruhan.

Pembuatan SOP

Jumlah SOP yang dibuat draftnya di kegiatan ini sebanyak 4 SOP. Ketiga SOP tersebut adalah:

1. SOP Survey Tinjau Asbuton
2. SOP Prospeksi Asbuton
3. SOP Eksplorasi Umum Asbuton
4. SOP Pengiriman Sampel Ke Laboratorium

Pembuatan SOP ini dilakukan oleh seluruh anggota tim. Keempat SOP tersebut mengacu pada SOP penyelidikan batubara karena adanya persamaan dalam hal penyelidikan. Sedangkan SNI yang digunakan mengacu pada SNI 13-5014-1998.

KESIMPULAN

Dari kegiatan Standar Kinerja ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Evaluasi standar kinerja penyelidikan asbuton terdiri dari survey tinjau, prospeksi dan eksplorasi umum.
2. Parameter indikator kinerja terdiri dari 11 parameter.
3. Pembuatan draf 4 buah sop yaitu: SOP Survey Tinjau Asbuton, SOP Prospeksi Asbuton, SOP Eksplorasi Umum Asbuton, dan SOP Pengiriman Sampel Ke Laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 13-5014-1998, Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara, Badan Standarisasi Nasional-BSN, Jakarta.
- SOP Eksplorasi Umum Batubara, 2022, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Prospeksi Batubara, 2022, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Pengiriman Sampel Ke Laboratorium, 2022, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- SOP Penyelidikan Umum Batubara, 2022, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.

EVALUASI DAN KARAKTERISASI BATUBARA UNTUK PENGEMBANGAN MATERIAL MAJU – UJI LABORATORIUM EKSTRAKSI GRAFENA

Penny Oktaviani¹, Fatimah¹, Vivi Purwandari², dan Hans E. Siregar

¹Kelompok Kerja Batubara, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

²Fakultas 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. Grafena merupakan salah satu material maju yang dapat diekstrak dari batubara, karena batubara memiliki karbon sebagai komponen terbesarnya.

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*. Grafena dapat dimanfaatkan di berbagai bidang diantaranya untuk pengembangan perangkat opto elektronik, sensor, nanokomposit, dan penyimpanan hidrogen. Saat ini dalam teknologi biomedis, grafena dapat digunakan untuk mendeteksi, mengangkat ataupun menetralkan sel kanker, serta digunakan untuk mendeteksi penyakit Parkinson. Grafena juga menjadi bahan andalan dalam pembuatan baju anti peluru berkualitas tinggi, mengingat sifat grafena yang sangat kuat dan *impermeable* (Berry, 2013).

Sampel batubara yang diuji merepresentasikan batubara kalori rendah, tinggi, dan batubara kalori sangat tinggi. *Yield* grafena yang dihasilkan adalah 47% untuk batubara kalori rendah, 83% untuk batubara kalori tinggi, dan 85% untuk batubara kalori sangat tinggi.

Kata kunci: batubara, material maju, grafena

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

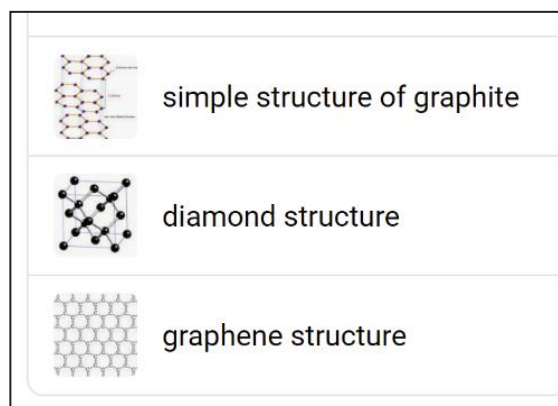
karbon di dalamnya. Menurut Ikram, *et al.*, (2021) yang termasuk material maju berbasis karbon antara lain *graphene*, *fullerenes*, *hierarchical carbon* dan *carbon nano tubes*. Riset mengenai material maju ini belum banyak dilakukan di Indonesia sehingga belum banyak yang mengenal atau memahami hal 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, 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 110,07 miliar ton sumber daya dan 36,28 miliar ton cadangan (PSDMBP, 2021), sebagian dari potensi ini dapat dimanfaatkan untuk dikembangkan menjadi material maju yaitu grafena.

Makalah ini merupakan hasil kajian tim karakterisasi batubara untuk pengembangan material maju. Makalah menyajikan informasi terkait studi batubara dan grafena di dunia dikaitkan dengan potensi pengembangannya di Indonesia.

METODOLOGI

Kegiatan evaluasi karakterisasi batubara untuk pengembangan material maju dilakukan secara bertahap mulai tahun 2021 dan direncanakan diselesaikan di tahun 2025. Kegiatan evaluasi akan meliputi kegiatan karakterisasi batubara dan uji laboratorium untuk mengekstraksi, kajian kelayakan pengembangan serta delineasi wilayah prospek berdasarkan karakteristik batubara Indonesia yang dibutuhkan dalam pengembangan material maju, dalam hal ini grafena. Tahun 2021 dimulai dengan studi literatur, dan tahun ini kegiatan difokuskan pada uji laboratorium ekstraksi grafena dari beberapa sampel batubara terpilih.

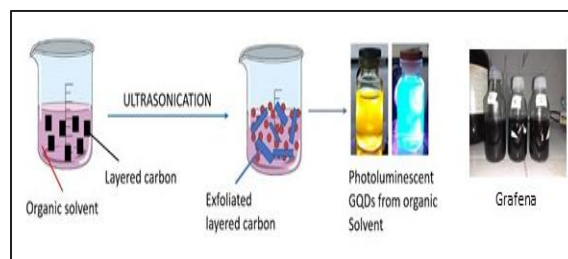
Ada bermacam-macam metode untuk mengekstraksi grafena di laboratorium, diantaranya metode Hummers, melalui asam humat batubara, sintesis dengan oksida mineral asam, ekstraksi grafena dari *coal tar pitch* (CTP), pengendapan uap kimia, sinar laser, dan menggunakan teknologi ultrasonikasi.

Ekstraksi grafena dan GQDs dari sampel batubara dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Sari Mutiara Indonesia dengan menggunakan metode

ultrasonikasi. Sebelumnya metode yang banyak digunakan untuk mengekstraksi grafena adalah metode Hummers, tetapi metode ini melibatkan proses yang kompleks, bahan kimia yang mahal, penggunaan oksidator kuat, dan agen pereduksi yang dapat merusak lingkungan.

Metode ultrasonikasi 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 karbon C-C, sehingga membentuk Grafena dan *Graphene Quantum Dot's* (GQDs) (Gambar 2).

Pada kegiatan ini, analisis laboratorium dilakukan terhadap tiga sampel batubara dari Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan, di laboratorium disebut sebagai sampel C-1, C-4, dan C-6. Sampel batubara ini merepresentasikan batubara kalori rendah, tinggi, dan batubara kalori sangat tinggi seperti yang tertera pada Tabel 1 - 3.



Gambar 2. Prosedur ekstraksi grafena dan GQDs dengan ultrasonikasi

Proses ekstraksi dilakukan secara bertahap yaitu:

1. Demineralisasi; merupakan proses penghilangan pengotor, baik itu pengotor organik maupun mineral berat.
2. Eksfoliasi; merupakan proses pengelupasan lapisan-lapisan karbon pada sampel batubara menggunakan ultrasonikasi
3. Identifikasi *yield* (hasil); merupakan persentase berat grafena yang dihasilkan dari total berat sampel batubara yang diuji.

PEMBAHASAN

Grafena (G) dan grafena quantum dots (GQDs) berhasil diekstraksi dari batubara dengan metode ultrasonikasi. Hasil (*yield*) G dan GQds yang dapat diekstrak dari batubara dengan ultrasonikasi ini jauh lebih besar dibandingkan ekstraksi dengan menggunakan metode Hummers seperti yang terlihat pada Tabel 4 berikut ini:

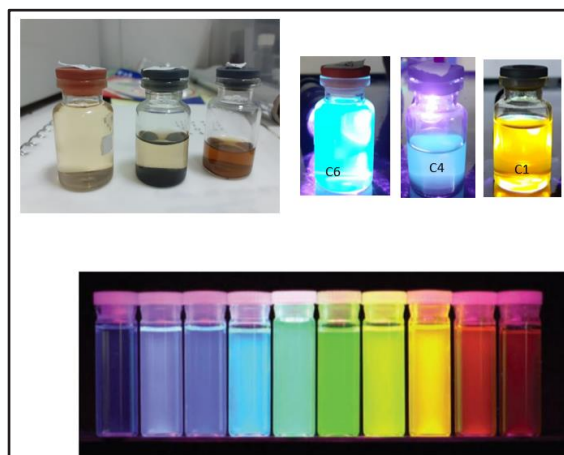
Tabel 4. Perbandingan *yield* ekstraksi grafena dari metode yang berbeda

Sampel Batubara	Metode Ultrasonikasi	Metode Hummers
Kalori rendah	47%	-
Kalori tinggi	83%	20%
Kalori sangat tinggi	85%	-

Grafena yang dihasilkan dari sampel C1 (kalori rendah) sebanyak 47%,

C4 (kalori tinggi) sebanyak 83%, dan C6 (kalori sangat tinggi) sebanyak 85%.

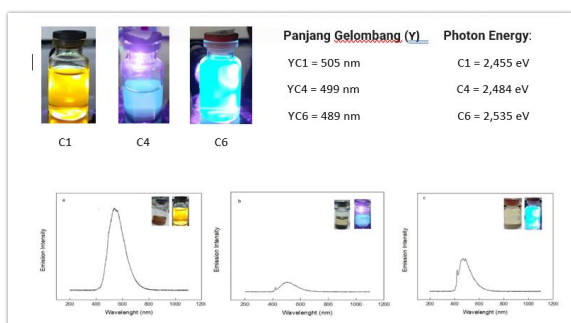
Grafena dari sampel C1 kemudian dikarakterisasi sebagai graphene quantum dots (GQDs). Uji eksitasi cahaya di bawah sinar UV dan uji *photoluminescence* menunjukkan bahwa GQDs dari batubara memiliki warna yang berbeda-beda tergantung dari kualitas batubaranya. Warna dari GQDs menyatakan tingkatan energi dan ukuran partikel dari masing-masing GQDS seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Terlihat dari gambar tersebut bahwa ukuran partikel C1 lebih besar dibandingkan C4 dan C6.



Gambar 3. Eksitasi cahaya sampel C1, C4, dan C6

Uji *photoluminescence* menunjukkan bahwa batubara berkalori lebih rendah memiliki panjang gelombang yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara bernilai kalori lebih besar. Sebaliknya, energi foton pada GQDs sebanding dengan nilai kalori. Semakin tinggi nilai kalori, maka semakin tinggi pula

energi foton pada sampel tersebut. Uji *photoluminescence* dilakukan terhadap ketiga sampel dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa sampel C1 memiliki panjang gelombang yang lebih tinggi dibandingkan dua sampel lainnya. Hal ini dapat dipahami, mengingat batubara C1 memiliki nilai kalori yang lebih rendah dibandingkan sampel lainnya (lihat Tabel 3 untuk nilai kalori).



Gambar 4. Hasil analisis *photoluminescence* menunjukkan panjang gelombang dan *photon energy* masing-masing sampel.

Proses eksfoliasi pada ultrasonikasi berulang mampu mengubah morfologi permukaan batubara sehingga grafena yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih besar. Analisis Raman Spektroskopi menunjukkan bahwa grafena yang diekstraksi dari batubara Muara Enim ini merupakan grafena dengan karakter *few layers* atau multi lapisan. Analisis *Transmission Electron Microscope* (TEM) menunjukkan adanya sekitar 2-5 *layers* grafena pada sampel G6.

Analisis XRD menunjukkan bahwa sampel C1 memiliki derajat grafitasi

rendah, dengan kata lain batubara berkalori rendah kurang potensial untuk dibuat menjadi grafit. Pembuatan grafit sintetis tidak disarankan berbahan dasar batubara kalori rendah.

Ditinjau dari sisi ekonomi, harga bubuk oksida grafena (*graphene oxide powder*) di pasaran adalah sekitar US\$ 300 / gram. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi mampu meningkatkan nilai keekonomisan batubara, baik itu batubara kalori rendah maupun kalori sangat tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa peningkatan nilai tambah batubara dengan cara ekstraksi material maju ini dapat diterapkan pada semua peringkat batubara.

Ditinjau dari sisi pemanfaatan, seluruh G dan GQDs yang dihasilkan memiliki kegunaan tersendiri. Pada sampel batubara Muara Enim, batubara kalori rendah menghasilkan grafena dengan *yield* 47% dan GQDs dengan eksitasi cahaya berwarna kuning. Untuk sampel ini pemanfaatannya lebih difokuskan pada GQDs yang dihasilkan. Karakter GQDs seperti ini 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 dengan *yield* 85%, pemanfaatannya lebih difokuskan pada grafena yang dihasilkan, mengingat kualitas GQDs yang dihasilkan tidak sebaik dengan GQDs dari batubara kalori rendah.

RANGKUMAN

Ekstraksi material maju berupa grafena dan grafena quantum dots (GQDs) terbukti dapat dilakukan pada batubara kalori rendah, tinggi, dan sangat tinggi dengan *yield* yang cukup menjanjikan.

Upaya ekstraksi material maju dari batubara ini mampu meningkatkan nilai keekonomisan batubara. Hal ini sejalan dengan program Peningkatan Nilai Tambah Batubara.

REKOMENDASI

Kegiatan ekstraksi material maju baru dilakukan pada sampel batubara dari

Kabupaten Muara Enim, untuk itu kegiatan selanjutnya yang direkomendasikan adalah:

1. Melakukan ekstraksi grafena dan GQDs dari beberapa lokasi terpilih lainnya untuk mendapatkan data karakterisasi batubaranya.
2. Melakukan deliniasi wilayah potensi batubara yang dapat dikembangkan sebagai grafena dan GQDs berdasarkan hasil karakterisasi sampel terpilih dari lokasi-lokasi yang bervariasi dan dianggap mewakili kondisi batubara Indonesia.

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 21st Century Scientific Innovations in Chemical, Polymer, Sensing and Energy Engineering*. doi: 10.5772/intechopen.95869.
- 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), Neraca Sumber Daya Batubara Status 2021, Badan Geologi, Bandung.

Sheehy, D.E., dan Schmalian, J., 2009, *Optical Trnsparency of Graphene as Determined by the Fine-Structure Constant*, American Physical Society Journals.

Tabel 1. Hasil analisis proksimat sampel batubara yang digunakan untuk ekstraksi grafena

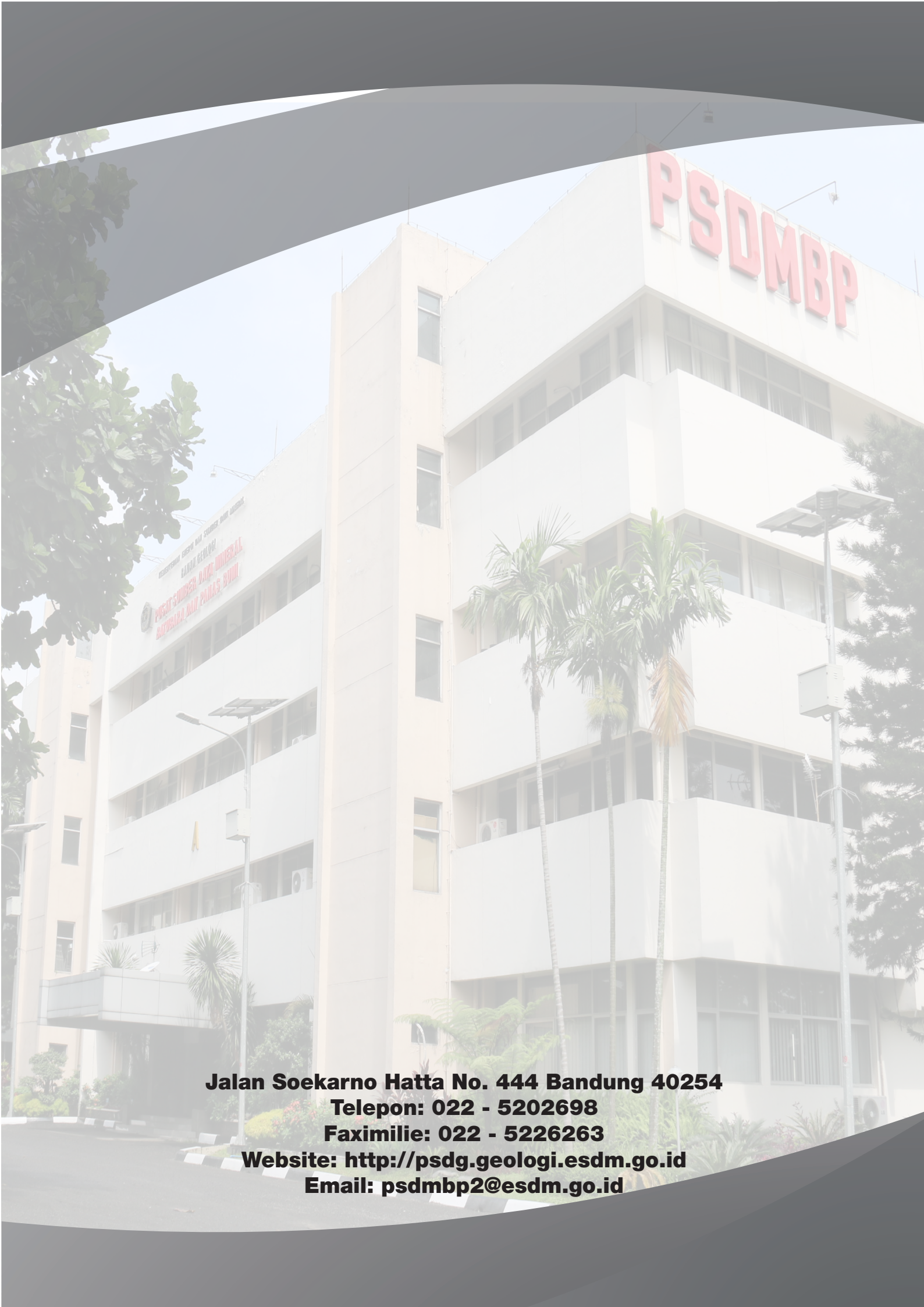
NO	Kode Sampel Lab	FM	TM	PROKSIMAT (% adb)					CV (kal/gr, adb)	RD	HGI
		(% ar)		M	VM	Ash	FC	TS			
1	C 1	51,92	57,47	11,54	45,66	9,72	33,09	0,28	4707	1,50	98
2	C 4	22,01	28,40	8,19	46,00	2,10	43,71	0,18	6373	1,35	47
3	C 6	5,72	7,04	1,40	16,68	2,49	79,44	1,09	8230	1,33	72

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

NO	Kode Sampel Lab	ULTIMAT (% daf)				
		C	H	N	O	S
1	C 1	66,16	5,95	1,01	26,53	0,35
2	C 4	74,72	6,37	1,06	17,65	0,20
3	C 6	89,48	4,84	1,70	2,84	1,13

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

NO	Kode Sampel Lab	Major elements (%)												
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O ⁻	HD
1	C 1	41,24	23,68	16,80	7,10	2,51	0,00	1,40	0,80	0,85	0,21	4,05	0,44	1,34
2	C 4	25,99	19,45	26,29	9,55	0,81	0,09	1,04	0,75	0,62	0,06	12,77	0,58	2,58
3	C 6	45,24	32,39	8,34	2,63	1,56	2,33	1,00	0,91	0,02	0,26	2,48	0,86	2,82



Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254

Telepon: 022 - 5202698

Faximilie: 022 - 5226263

Website: <http://psdg.geologi.esdm.go.id>

Email: psdmbp2@esdm.go.id