

NO : 14
ISSN : 0261-0811



Buku 1 : Kelompok Kerja Mineral

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 3

KELOMPOK KERJA MINERAL



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

Editor : Moehamad Awaludin, S.T., M.T.,
Bayu Sayekti, S.T.,
Wawan Setiyawan. S.T.,
Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc.,
Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si.,
Iwan Nursahan, S.T., M.T.

Layout & Desain : Eko Survanto, 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 kesatu ini berisi sebanyak 13 (tiga belas) makalah yang merupakan hasil penyelidikan lapangan dan non lapangan. Makalah-makalah hasil penyelidikan lapangan berisi tentang hasil kegiatan penyelidikan umum dan prospeksi untuk mengungkap potensi beberapa komoditas mineral pada wilayah-wilayah prospek di Indonesia. Metode yang digunakan berupa geologi, geokimia, geofisika dan pengeboran sesuai tahapan penyelidikannya. Makalah-makalah hasil kegiatan non lapangan berupa pemutakhiran database dan neraca mineral nasional, beberapa hasil kegiatan evaluasi data sumber daya mineral untuk pemanfaatan yang bernilai ekonomis dan pengembangan metode analisis.

Adanya prosiding ini sebagai upaya penyebaran informasi hasil kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi selama Tahun 2022 kepada masyarakat. Diharapkan prosiding ini 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 Logam Tanah Jarang dengan Metoda Pengeboran di Daerah Parmonangan, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara	1
2. Penyelidikan Umum Logam Mulia dan Logam Dasar dengan Metoda Geologi, Geokimia Tanah, dan Geofisika Daerah Watulimo dan Sekitarnya, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur	33
3. Penyelidikan Umum Geokimia Regional Bersistem Lembar Seram A-1 Provinsi Maluku	47
4. Penyelidikan Umum Grafit di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara	57
5. Penyelidikan Umum Batumulia di Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh	67
6. Prospeksi Litium dan Mineral Kritis Pada Endapan Lumpur Sidoarjo di Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur	77
7. Penyiapan Data Informasi Sumber Daya Geologi untuk Pengusulan Wilayah Keprospekan Mineral 2022	89
8. Evaluasi Batuan Pembawa Logam Tanah Jarang di Kalimantan Barat	103
9. Pemutakhiran Data dan Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral Tahun 2022...	129
10. Evaluasi Data Mineral untuk Penentuan Daerah Target Eksplorasi	141
11. Prospeksi Logam Tanah Jarang dengan Metode Pengeboran Dangkal di Daerah Takandeang, Kecamatan Tapalang, Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat.....	153
12. Evaluasi Analisis Logam Tanah Jarang (LTJ) dengan Menggunakan <i>Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrophotometer</i> (ICP-OES) di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral Batubara Dan Panas Bumi	179
13. Evaluasi Potensi Mineral Kritis Dan Logam Tanah Jarang Perairan Singkep, Kepulauan Riau	189

**PENYELIDIKAN UMUM LOGAM TANAH JARANG DENGAN METODA PENGEBORAN
DI DAERAH PARMONANGAN KABUPATEN TAPANULI UTARA
PROVINSI SUMATERA UTARA**

Reza Mochammad Faisal, Iwan Nursahan, dan Rifi Sani Nugraha

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Dalam satu dekade terakhir, logam tanah jarang menjadi kumpulan komoditi mineral yang sangat strategis. Kondisi geologi di Indonesia sangat memungkinkan untuk terbentuknya endapan logam tanah jarang pada tipe regolith dari hasil pelapukan batuan.

Maksud dan tujuan dari kegiatan ini adalah untuk dapat melokalisir sebaran mineral logam tanah jarang tersebut sehingga mendapatkan daerah prospek dan karakteristik dari logam tanah jarang yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk pertimbangan rekomendasi usulan WPN/WIUP di Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara. Kegiatan penyelidikan lapangan dilakukan dengan pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan soil/tanah dengan menggunakan bor mesin dengan kedalaman 14,75 s.d 32 meter berdasarkan data anomali logam tanah jarang hasil kegiatan PSDMBP 2021.

Analisis laboratorium fisika dan kimia dilakukan untuk mengetahui karakteristik logam tanah jarang dan juga batuan induknya. Analisis laboratorium meliputi *XRF*, *XRD*, petrografi, mineragrafi, *ICP – OES*, *ICP - MS*, *AAS* dan *kolorimetri*.

Daerah penyelidikan umumnya disusun oleh batuan granit tipe – S dan sebagian kecil oleh tuf litik. Lapukan dari batuan induk umumnya terbentuk dan berkembang cukup signifikan. Nilai kadar logam tanah jarang cukup signifikan ditunjukkan kelompok logam tanah jarang ringan (*LREE*) dengan jumlah total berkisar antara 10,73 s.d 627,63 ppm dan nilai kadar total logam tanah jarang (Σ *REE*) berkisar antara dan 94,32 s.d 1549,56 ppm. Sebagian nilai ini berada pada kisaran nilai keekonomian antara 500 s.d 2000 ppm, jika mengacu kepada endapan pelapukan granitoid di China Selatan dan dan hasil penelitian *REE* di Tanah Merah, Kelantan Malaysia kisaran nilai ekonomis antara 298 s.d 1298 ppm.

Kata kunci : mineral strategis, logam tanah jarang, lapukan granit, *LREE*, *HREE*

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi ini, hubungan antara neraca *demand and supply*

sumberdaya logam tanah jarang (LTJ) / *rare earth element (REE)* di dunia perdagangan sangatlah ketat (Roskill,

2007). Sehingga di Indonesia mineral logam tanah jarang menjadi komoditi yang strategis untuk dikembangkan.

Penyebaran granit di Sumatra bagian utara cukup luas dengan arah barat-laut tenggara yang searah dengan bentuk dan/atau dimensi dari Pulau Sumatra (Hutchison, 1988). Pada umumnya batuan granit tersebut ada kaitannya dengan tingginya suatu kandungan logam tanah jarang (REE) pada batuan granit dan juga lapukan dari batuan granit tersebut.

Pada tahun 2011, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) pada saat itu Pusat Sumber Daya Geologi/PSDG melakukan penyelidikan eksplorasi di daerah Kompleks Granit Sibolga di Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara. Hasil penyelidikan tersebut menyimpulkan bahwa jenis satuan granit di daerah penyelidikan tersebut termasuk ke dalam granit seri - ilmenit atau granit tipe - S. Adapun kandungan dari logam tanah jarang tersebut cukup signifikan dari unsur Ce dengan interval 600 s.d 1400 ppm, La dengan interval 400 s.d 1000 ppm dan Pr dengan interval 600 s.d 1400 ppm (Kisman, dkk 2011) dan kegiatan PSDMBP pada tahun 2021, Dari data sampel pemboran *hand auger* kedalaman rata-rata 4 meter, Nilai kadar kelompok logam tanah jarang ringan (*LREE*) antara 73 – 857 ppm LTJ Berat (*HREE*) antara 30 – 145 ppm. Nilai kadar total logam tanah

jarang berkisar antara 103 – 946 ppm. Sumberdaya logam tanah jarang diperkirakan 2,39 ton berupa nilai kadar total logam tanah jarang berkisar antara 30,08 – 869,89 ppm dari blok penyelidikan dengan luasan ± 60 ha (Sulaeman, Dkk., 2021).

Kegiatan eksplorasi logam tanah jarang di daerah Granit Sibolga di Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara dilakukan untuk dapat mengetahui data bawah permukaan ketebalan, kedalaman dan keberadaan dari mineral logam tanah jarang.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mendapat daerah keprospekan dengan menggambarkan profil lapisan, karakteristik dan kualitas dari logam tanah jarang sebagai bahan masukan untuk pertimbangan rekomendasi usulan WPN/WIUP di Kabupaten Tapanuli Utara.

Secara administratif kegiatan kegiatan penyelidikan umum logam tanah jarang dengan metoda pengeboran berada di Desa Manalu Dolok, Kecamatan Parmonangan, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara (Gambar 1).

METODOLOGI

Metodologi penyelidikan dapat dibagi menjadi 4 (empat) tahap yaitu :

1. Pengumpulan data sekunder yang berkaitan dengan daerah penyelidikan yang meliputi laporan penyelidikan terdahulu, penyiapan peta geologi regional, peta topografi, peta geokimia

regional, peta tata guna lahan, wilayah izin usaha pertambangan (WIUP), mineralisasi dan potensi logam tanah jarang (LTJ) yang berada di lokasi penyelidikan.

2. Pengumpulan data primer di lapangan antara lain :

- a. Pemetaan geologi dilakukan pada skala 1 : 5.000 untuk melakukan pengamatan litologi dan pengambilan conto yang dilakukan difokuskan pada Kompleks Granit Sibolga yang mengandung logam tanah jarang (LTJ) di daerah penyelidikan (Gambar 2). Pengambilan sampel batuan dilakukan untuk keperluan analisis laboratorium kimia dan fisika.
- b. Pengambilan sampel *Channeling* untuk geokimia dilakukan dalam kegiatan pemetaan geologi disekitar daerah pengeboran untuk mengetahui jenis perlapisan tanah/lapukan untuk keperluan analisis laboratorium kimia (Gambar 3).
- c. Pengeboran dangkal (3 Titik Bor: dengan kedalaman antara 20 s.d 35 meter), dengan jarak/interval antar titik 100 s.d 200 meter (Gambar 4).

3. Analisis Laboratorium terhadap seluruh sampel, berupa analisis kimia yang dilakukan untuk kegiatan penyelidikan

umum logam tanah jarang dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya:

- a. AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dilakukan untuk analisis unsur Li.
- b. ICP - OES (*Inductively Coupled Plasmas.d Optical Emission Spectrometry*) dilakukan untuk analisis REE (*rare earth element*) yang terdiri dari La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y dan Sc.
- c. ICP - MS (*Inductively coupled plasma mass spectrometry*) dilakukan untuk analisis REE (*rare earth element*) yang terdiri dari La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y, Sc dan unsur logam lainnya yang merupakan mineral ikutan.
- d. XRF (*X -ray Fluoresence*) dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia (*major element*) yang terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , dan P_2O_5 .
- e. Kolorimetri dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur V (vanadium) dan Sn

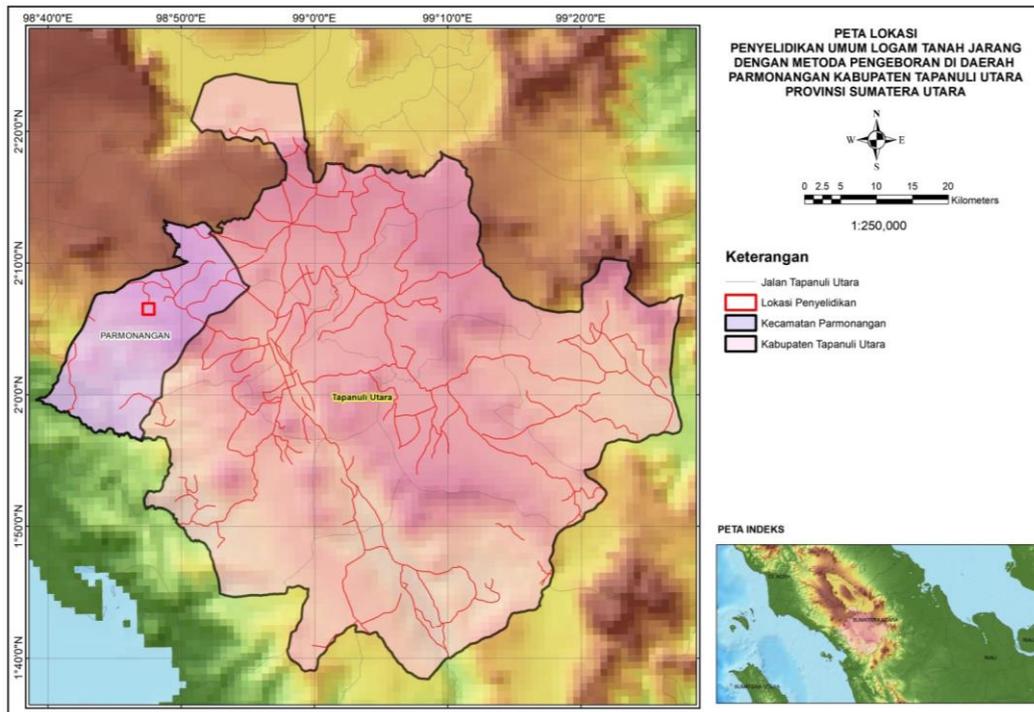
Analisis fisika yang dilakukan meliputi, diantaranya:

- a. Petrografi, dilakukan untuk identifikasi bautan secara mikroskopi, mengetahui jenis mineral pembentuk batuan, tekstur batuan dan lain sebagainya.

b. Mineragrafi, dilakukan untuk identifikasi batuan secara mikroskopi, mengetahui jenis mineral bijih dalam batuan.

c. XRD (*X - Ray Diffraction*) untuk mengetahui jenis mineral ubahan.

4. Pengolahan, analisis data dan laporan akhir.



Gambar 1. Peta Lokasi Penyelidikan



Gambar 2. Pemetaan Geologi di Lokasi Penyelidikan



Gambar 3. Pengambilan Sampel *Channeling* di Lokasi Penyelidikan



Gambar 4. Kegiatan Pengeboran LTJ di Lokasi Penyelidikan

GEOLOGI REGIONAL

Secara regional geologi daerah penyelidikan merupakan bagian dari Geologi Lembar Sidikalang - Sinabang. Batuan penyusun tertua daerah ini adalah berupa serpih, batulanau, *wacke*, pasir dan konglomerat dengan anggota batugamping batugamping hablur Formasi Alas berumur Paleozoik (Karbon) (Gambar 5).

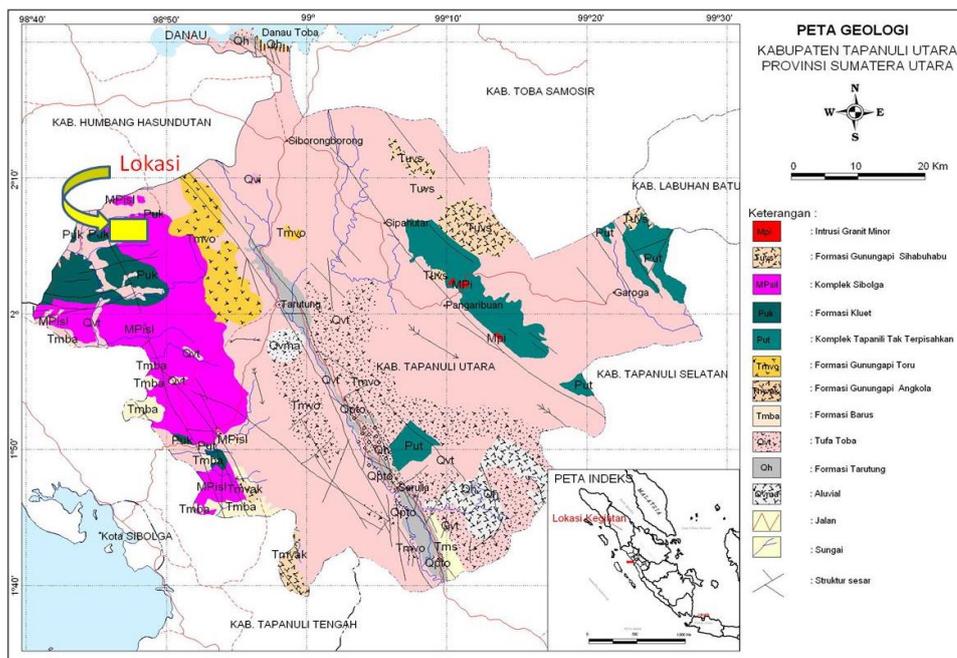
Selanjutnya di sisi lain secara membaji terdapat Formasi Kluet yang terdiri dari batupasir metakuarsa, metaklake, batusabak dan filit. Komplek Sibolga adalah merupakan kelompok batuan intrusif yang merupakan bagian dari Granit Sibolga terdiri dari granit, sedikit granit berwarna terang, diorit, aplit dan pegmatit.

Formasi Barus adalah merupakan batuan sedimen yang terdiri dari batupasir,

batulumpur gampingan sedikit gamping dan konglomerat alas. Diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Alas. Formasi Gunungapi Pinapan adalah merupakan Formasi dari batuan vulkanik dengan umur lebih muda dari Formasi Barus terdiri dari andesit hipabisal dan andesit piroklastik. Formasi Toru juga merupakan kelompok batuan vulkanik yang terdiri dari agglomerat bersifat andesitik.

Tufa Toba adalah merupakan kelompok batuan vulkanik (tufa) yang diendapkan jauh diatas Formasi vulkanik lainnya (berumur Plistosen) terdiri dari batuan tufa bersifat dasitik sebagian teralaskan.

Endapan termuda yang terdapat di daerah ini adalah endapan aluvium terdiri dari pasir, kerikil, kerakal, lumpur, tanah diatomae dan koral.



Gambar 5. Modifikasi peta geologi regional Kabupaten Tapanuli Utara (Aldhias D.T., 1983)

HASIL

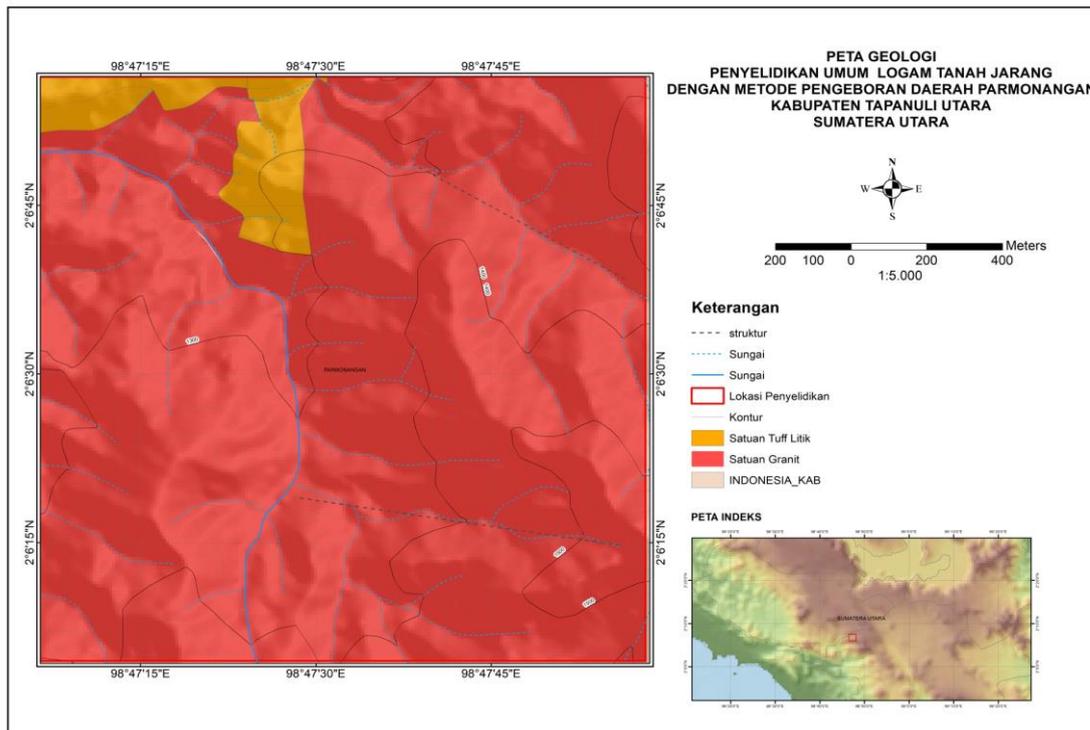
Geologi Lokasi Penyelidikan

Pemetaan geologi di lokasi penyelidikan menghasilkan peta geologi dengan skala 1:5.000 (Gambar 6). Hasil pengamatan dan pengambilan sampel batuan di lokasi penyelidikan mendapatkan beberapa susunan stratigrafi. Pengamatan satuan batuan di lokasi penyelidikan dilakukan pada singkapan batuan yang tersingkap di daerah lembahan, sungai dan perbukitan. Berdasarkan karakteristik dari batuan yang teramati didapat 2 (dua) satuan batuan dengan urutan dari tua ke muda, diantaranya:

Satuan Granit, satuan ini umumnya menyusun sebagian besar daerah blok penyelidikan dengan luas sebaran $\pm 90\%$ dari total luas daerah blok penyelidikan. Satuan Granit secara pengamatan megaskopis umumnya berwarna abu - abu hingga abu - abu kehitaman, dengan warna lapuk coklat kekuningan, tekstur granit pada umumnya equigranular dan sebagian dengan tekstur fanero porfiritik dengan fenokris berupa plagioklas/ortoklas dengan ukuran 4 s.d > 6 mm dengan massa dasar berupa kuarsa, plagioklas, hornblende, biotit, muskovit dan beberapa tempat terdapat

klorit dan mineral sulfida berupa pirit (Gambar 7). Satuan Granit ini dibandingkan dengan Peta Geologi Regional Lembar Sidikalang - Sinabang skala 1 : 250.000 termasuk ke dalam Komplek Sibolga (MPisl) yang berumur Trias Akhir (D.T. Aldiss dkk, 1983).

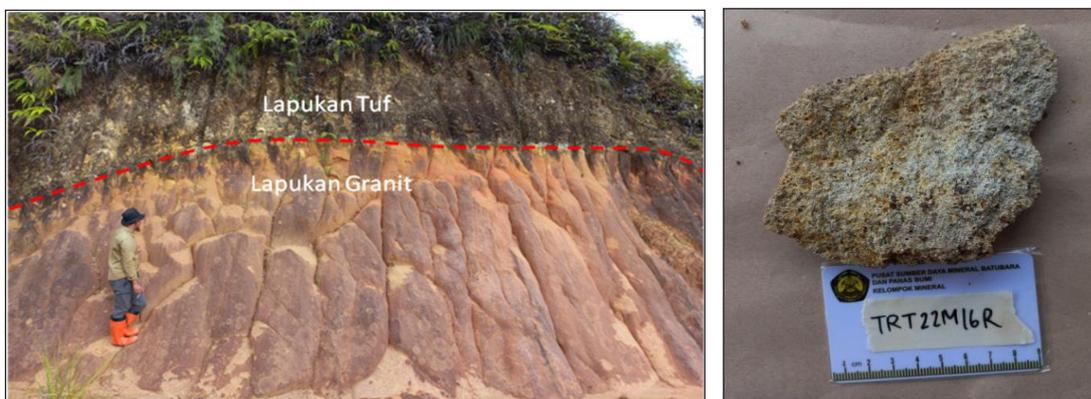
Satuan Tuf litik, satuan ini umumnya menyusun sebagian kecil daerah blok penyelidikan pada bagian utara daerah penyelidikan dengan luas sebaran $\pm 10\%$ dari total luas daerah blok penyelidikan. Satuan Tuf litik secara pengamatan megaskopis umumnya berwarna coklat kekuningan, ukuran butir abu kasar, bentuk butir membundar dengan komposisi mineral berupa kuarsa berukuran pasir sedang - pasir kasar. Panjang lapisan 1 meter tanah lapukan granit berwarna coklat kemerahan, komposisi mineral berupa kuarsa dan plagioklas berukuran pasir kasar - kerikil. Tingkat pelapukan yang menengah s.d tinggi pada satuan batuan ini mengakibatkan terbentuknya endapan lapukan granit yang berwarna abu s.d abu terang dengan ketebalan yang bervariasi dan umumnya lapukan granit dari hasil pelapukannya berada di atas dari lapukan Satuan Granit (Gambar 3.13), secara regional masuk kedalam tufa toba berumur Quarter (D.T. Aldiss dkk, 1983).



Gambar 6. Peta geologi daerah penyelidikan



Gambar 7. Singkapan batuan granit



Gambar 8. Singkapan tuf litik berada di atas endapan laterit pelapukan granit

Pengambilan Sampel

Hasil kegiatan penyelidikan didapat sampel berupa soil/tanah yang merupakan lapukan dari batuan induk yang menyusun daerah penyelidikan dan juga sampel berupa batuan. Sebanyak 80 sampel soil/tanah dari total 3 titik mesin bor dan 3 titik dari pengambilan sampel dengan torehan/*channeling* dari lapukan granit serta 13 sampel batuan.

PEMBAHASAN

Hasil Analisis Laboratorium

Sampel lapukan granit dan batuan selanjutnya dilakukan analisis laboratorium baik secara analisis fisika maupun analisis kimia. Analisis fisika meliputi petrografi dan

XRD, sedangkan analisis kimia meliputi XRF, ICP-OES, ICP - MS, AAS dan kolorimetri.

Analisis Petrografi

Sampel batuan yang terkumpul dari hasil pemetaan geologi di daerah penyelidikan, sebanyak 7 sampel batuan telah dilakukan analisis petrografi sayatan tipis. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan secara umum batuan penyusun daerah penyelidikan termasuk ke dalam Satuan Granit dan Satuan Tuf litik. Rekapitulasi mineral pembentukan batuan dan penambahan batuan hasil dari analisis petrografi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi penamaan batuan dari analisis petrografi

No	Kode Sampel	Nama Batuan	Komposisi Mineral (%)
1	TRT22MB309R	Granit	Mineral Ortoklas (38), Kuarsa (31), Hornblenda (12), Plagioklas (7), Lempung (5), Klorit (4), Biotit (1), Epidot (1), dan Opak (1).
2	TRT22MB3013R	Granit	Mineral Ortoklas (34), Kuarsa (28), Plagioklas (14), Hornblenda (10), Lempung (7), Klorit (3), Mikroklin (1), Biotit (1), Epidot (1), dan Opak (1).
3	TRT22M04R	Granit	Mineral Kuarsa (37), Ortoklas (27), Plagioklas (13), Hornblenda (10), Lempung (5), Mikroklin (5), Biotit (1), Zirkon (1), dan Opak (1).

No	Kode Sampel	Nama Batuan	Komposisi Mineral (%)
4	TRT22M016R	Tuf Litik	Mineral Kuarsa (35), Gelas (26), Plagioklas (20), Hornblenda (8), Zeolit (3), Klorit (2), Opak (2), dan Fragmen Batuan (4).
5	TRT22M037R	Granit	Mineral Kuarsa (29), Ortoklas (24), Mikroklin (15), Plagioklas (10), Hornblenda (10), Lempung (7), Klorit (2), Epidot (1), Zirkon (1), dan Opak (1).
6	TRT22M029R	Granit	Mineral Plagioklas (40), Kuarsa (20), Ortoklas (17), Piroksen (7), Mikroklin (5), Serisit (4), Klorit (3), Muskovit (3), dan Opak (1).
7	TRT22M044R	Granit	Mineral Ortoklas (31), Plagioklas (28), Kuarsa (24), Hornblenda (10), Lempung (5), Epidot (1), dan Opak (1).

Granit

Secara stratigrafi daerah Sisoding, Parmonangan, umumnya disusun oleh Satuan Granit dan secara regional termasuk ke dalam Kompleks Granit Sibolga. Kompleks Granit Sibolga tersusun oleh granit, sedikit granit berwarna terang, diorit, aplit dan pegmatit. Hasil analisis petrografi yang telah dilakukan, secara umum batuan granit di daerah Sisoding (TRT22MB3-09R) yang merupakan sampel batuan yang berasal dari titik bor 3, memiliki karakteristik diantaranya dalam sayatan tipis batuan ini menunjukkan

tekstur holokristalin, *hipidiomorfik granular*, berukuran butir hingga 5 mm, bentuk kristal subhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral kuarsa, ortoklas, plagioklas, hornblenda, biotit, klorit, epidot, lempung, dan opak. Komposisi mineral (% volume) penyusun batuan granit ini terdiri dari Mineral Ortoklas (38), Kuarsa (31), Hornblenda (12), Plagioklas (7), Lempung (5), Klorit (4), Biotit (1), Epidot (1), dan Opak (1). Fotomikrograf batuan granit TRT22MB3-09R dapat dilihat pada Gambar 9.

Tuf Litik

Hasil analisis petrografi sampel batuan TRT22M016R, Di dalam sayatan tipis batuan ini menunjukkan struktur vesikuler, tekstur piroklastik, berukuran butir hingga 1.55 mm, bentuk butir menyudut tanggung hingga membulat tanggung, disusun oleh fragmen batuan, mineral kuarsa, plagioklas, hornblenda, zeolit, klorit, gelas, dan opak. Komposisi (% volume) : Mineral Kuarsa (35), Gelas (26), Plagioklas (20), Hornblenda (8), Zeolit (3), Klorit (2), Opak (2), dan Fragmen Batuan (4). (2), dan Fragmen Batuan (4). Fotomikrograf batuan tuf litik TRT22M016R dapat dilihat pada gambar 10.

Analisis Mineragrafi

Sampel batuan yang terkumpul dari hasil pemetaan geologi dan batuan yang berasal dari titik bor di daerah penyelidikan, telah dilakukan analisis mineragrafi dilakukan untuk identifikasi batuan secara mikroskopi, mengetahui jenis mineral bijih dalam batuan, sebanyak 2 sampel batuan yaitu sampel TRT22MB2-030R dan TRT22M053R.

Berdasarkan hasil deskripsi mikroskopis pada sampel TRT22M053R hasil pemetaan geologi, mineral bijih yang

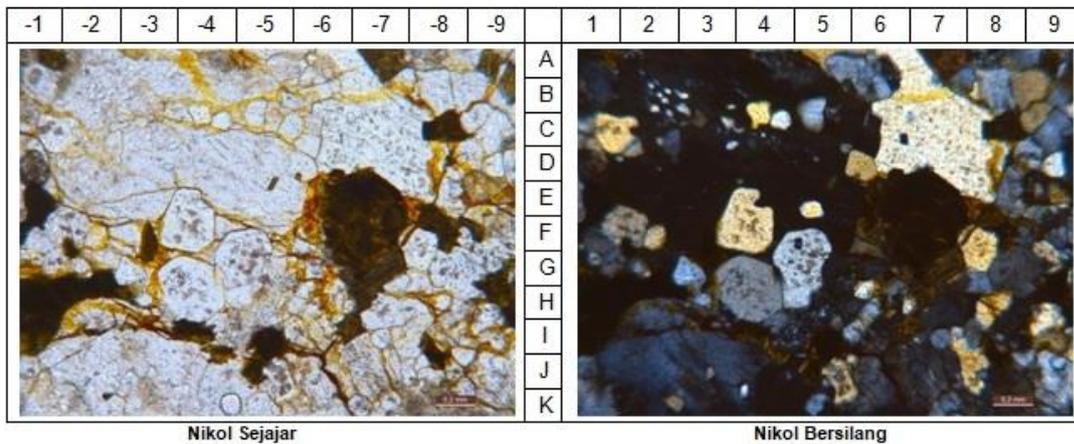
teridentifikasi adalah pirit (FeS_2), rutil (TiO_2), hematit (Fe_2O_3), sfalerit (ZnS), bornit (Cu_5FeS_4), kalkosit (Cu_2S), kovelit (CuS), dan *hydrous iron oxide*. Fotomikrograf hasil analisis mineragrafi sampel TRT22MB3-09R dapat dilihat pada gambar 11.

Sampel TRT22MB2-030R yang berasal dari pengeboran di titik 2 (dua) pada kedalaman 28 s.d 29 meter. Mineral bijih yang teridentifikasi adalah pirit (FeS_2), hematit (Fe_2O_3) dan *hydrous iron oxide*. Fotomikrograf hasil analisis mineragrafi sampel TRT22MB2-030R dapat dilihat pada gambar 12.

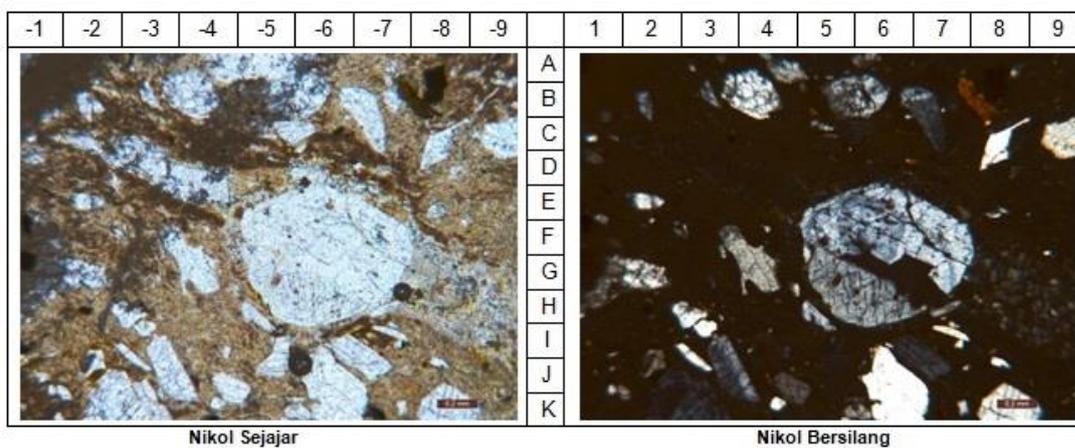
Komposisi *Major Elements* Batuan

Analisis kimia *major element* dilakukan terhadap sampel batuan dan lapukannya. Sebanyak 13 (tiga belas) sampel batuan telah dilakukan analisis *major element* di Laboratorium PSDMBP, hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

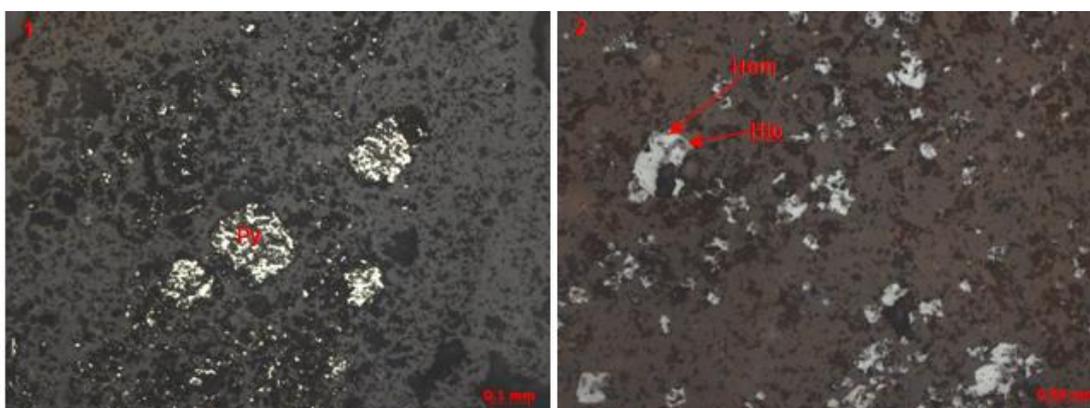
Analisis *major element* dilakukan untuk menentukan jenis batuan sebagai pembanding dari hasil analisis petrografi dalam penamaan batuan dan juga karakteristik dari magma pembentukan batuan.



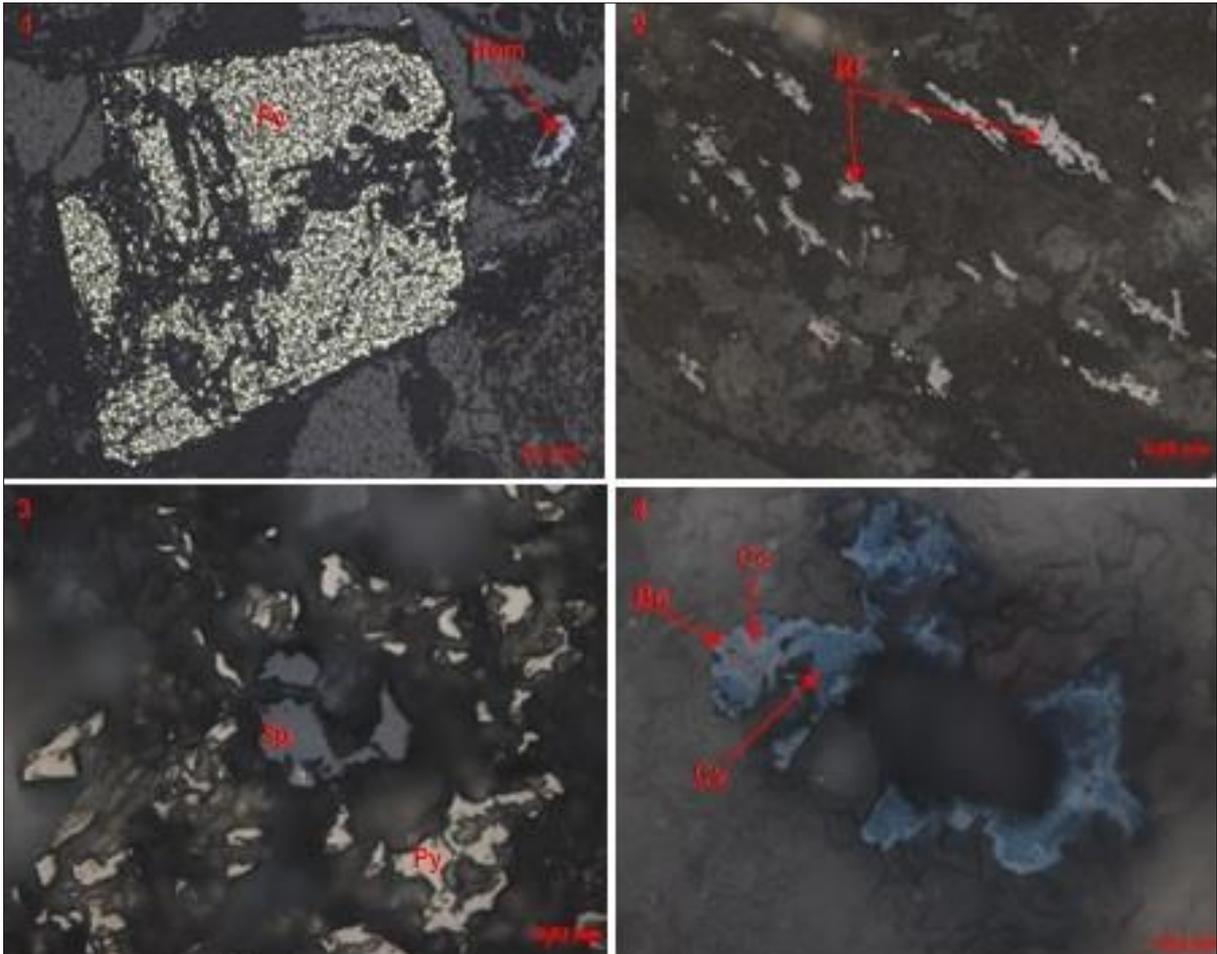
Gambar 9. Fotomikrograf batuan granit TRT22MB3-09R disusun oleh mineral ortoklas (J,2), kuarsa (F,4), hornblenda (G,-7), lempung (K,-8), klorit (D,-8), biotit (F,-7), opak (F,-1), plagioklas, dan epidot



Gambar 10. Fotomikrograf batuan tuf litik TRT22M16R yang disusun oleh fragmen batuan (G-I,8-9), mineral kuarsa (K,6), plagioklas (J,3), hornblenda (B,-7), zeolit (H,8), klorit (I,-9), gelas (A,1), dan opak (F,-1)



Gambar 11. (1) Fotomikrograf pirit (Py) yang salah satunya dengan bentuk euhedral dan tersebar pada massa batuan dan (2) Fotomikrograf hematit (Hem) yang nampak tersebar pada massa batuan dan sebagian kecil nampak digantikan oleh *hydrous iron oxide* (Hio)



Gambar 12. (1) Fotomikrograf pirit (Py) dengan bentuk subhedral serta berlubang-lubang dan hematit (Hem) pada massa batuan. (2) Fotomikrograf rutil (Rt) nampak tersebar pada massa batuan. (3) Fotomikrograf pirit (Py) yang pada rongganya terdapat sfalerit (Sp) dengan bentuk anhedral pada massa batuan dan (4) Fotomikrograf bornit (Bn) yang nampak digantikan oleh kalkosit (Cc) dan kemudian digantikan oleh kovelit (Cv) pada massa batuan

Tabel 2. Rekapitulasi analisis major element sampel batuan daerah penyelidikan

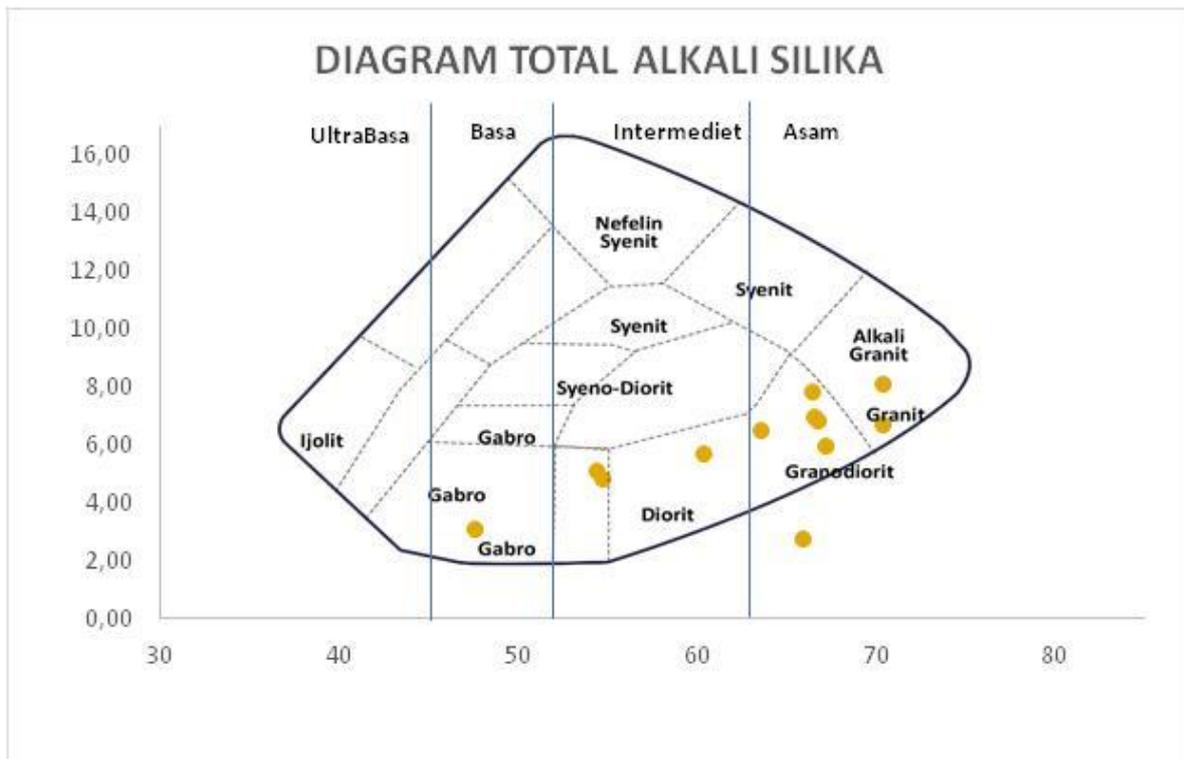
No.	Kode Sampel	Batuan	PARAMETER (%)												
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	HD	SO ₃	H ₂ O'
1	TRT22MB3-09R	Granit	54,33	26,15	5,44	0,28	0,27	0,54	4,60	0,75	0,41	0,04	6,93	0,02	2,40
2	TRT22MB3-013R	Granit	54,71	26,17	5,23	0,21	0,35	0,67	4,20	0,75	0,38	0,07	6,92	0,04	2,41
3	TRT22M04R	Granit	66,46	15,31	5,66	0,69	2,07	2,10	4,93	0,77	0,44	0,08	1,35	0,02	0,39
4	TRT22M016R	Tuf Litik	70,31	15,26	3,39	0,33	2,14	2,62	4,16	0,31	0,38	0,06	0,97	0,02	0,41
5	TRT22M037R	Granit	66,36	15,57	5,41	0,83	0,81	2,26	5,64	0,77	0,50	0,08	1,61	0,03	0,27
6	TRT22M044R	Granit	63,54	16,86	5,62	1,23	2,20	2,01	4,59	0,81	0,41	0,09	2,45	0,04	0,81
7	TRT22MB2-030R		85,61	6,62	4,01	0,20	0,09	0,17	1,38	0,10	0,15	0,05	1,52	0,02	0,29
8	TRT22M053R		65,91	23,17	4,46	0,30	0,06	0,05	2,75	0,49	0,26	0,21	2,03	0,03	0,18
9	TRT22M14D		60,31	17,14	8,09	1,46	2,28	2,01	3,77	1,15	0,35	0,15	2,95	0,02	0,86
10	TRT22M029R	Granit	66,69	14,71	5,38	1,20	2,55	2,04	4,83	0,77	0,43	0,08	1,19	0,04	0,27
11	TRT22M046R		67,16	14,74	5,82	1,23	2,22	2,28	3,74	0,86	0,34	0,09	1,41	0,00	0,40
12	TRT22M051F		70,39	15,51	2,57	0,29	1,00	1,91	6,23	0,34	0,54	0,02	1,12	0,02	0,30
13	TRT22M062R		47,50	26,88	9,28	1,02	0,08	0,04	3,15	1,45	0,29	0,05	9,68	0,02	1,48

Hasil analisis *major element* di atas pada batuan granit menunjukkan nilai kadar SiO_2 berkisar antara 54,33 wt% s.d 66,69 wt%, P_2O_5 pada batuan granit menunjukkan nilai kadar 0,38 wt% s.d 0,50 wt%.

Pada batuan tuf litik hasil analisis *major element* di atas menunjukkan kadar SiO_2 70,31 wt%. Dilihat dari CaO menunjukkan ada beberapa sampel batuan yang sudah mengalami pelapukan yang relatif lemah dengan kandungan CaO secara berturut - turut 0,35 s.d 2,55%.

Penentuan jenis batuan juga dapat dilakukan dengan menggunakan data *major element* utama seperti SiO_2 , K_2O dan Na_2O . Diagram klasifikasi yang

digunakan adalah Diagram Total Alkali Silika menurut Cox., dkk (1979) dan Middlemost (1994). Berdasarkan *plotting* data tersebut, sebagian besar afinitas magma di daerah penyelidikan berupa batuan asam yang pada umumnya berupa granit dan granodiorit. Sedangkan pada beberapa sampel termasuk ke dalam batuan intermediet berupa diorit dan satu sampel berupa batuan basa yaitu gabro (Gambar 13). Metode penamaan batuan berdasarkan *major element* tersebut digunakan sebagai pembanding dari hasil analisis petrografi. Dari hasil analisis petrografi diketahui diketahui batuan tersebut umumnya berupa granit dan tuf litik.



Gambar 13. Plotting SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ pada diagram TAS (Cox., dkk, 1979)

Analisis *major element* dimaksudkan juga dalam menentukan jenis granit dari sisi *molar ratio* di daerah penyelidikan. Menurut Ishihara (1980), terdapat 2 (dua) tipe granit diantaranya granit seri - magnetit dan granit seri - ilmenit. Adapun Chappel dan White (1974) dalam Ishihara (1980) membedakan granit menjadi 2 (dua) jenis yaitu granit tipe - I dan granit tipe - S.

Menurut Chappel dan White (1974) granit tipe - I memiliki natrium relatif tinggi, Na_2O lebih besar dari 3,2% dalam batuan felsic dan menurun menjadi kurang dari 2,2% pada jenis batuan mafik. Granit tipe - S memiliki natrium yang relatif rendah, Na_2O biasanya kurang dari 3,2% dalam batuan felsic dengan kandungan sekitar 5% K_2O dan menurun menjadi kurang dari 2,2% dalam batuan mafik dengan kandungan sekitar 2% K_2O . Selanjutnya telah ditentukan untuk membedakan 2 (dua) tipe batuan granit tersebut dengan perbandingan molar (*molar ratio*) : $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ untuk tipe - S hasil perbandingan tersebut lebih besar dari 1,1 sedangkan untuk tipe - I kurang dari 1,1.

Berdasarkan penentuan tipe granit dari sampel granit di daerah penyelidikan,

hasil *molar ratio* menunjukkan dari setiap sampel terlihat lebih besar dari 1,1 sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan granit berdasarkan perhitungan perbandingan *molar ratio* termasuk ke dalam granit tipe - S perbandingan *molar ratio* termasuk ke dalam granit tipe - S (Tabel 3).

Komposisi Logam Tanah Jarang (LTJ) Batuan

Logam tanah jarang (LTJ) telah dilakukan analisis laboratorium terhadap sampel batuan. Sebanyak 13 sampel batuan telah dilakukan analisis dengan metode *ICP - OES* di Laboratorium PSDMBP dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Hasil analisis logam tanah jarang pada batuan granit di daerah Sisoding tertinggi memiliki $\sum REE$ sebesar 582 ppm dengan masing - masing untuk $\sum LREE$ dan $\sum HREE$ adalah 507 ppm dan 75 ppm. Pada batuan tuf litik di daerah Sisoding dan sekitarnya memiliki $\sum REE$ berkisar 152 ppm dengan masing - masing untuk $\sum LREE$ dan $\sum HREE$ adalah 112 ppm dan 40 ppm.

Tabel 3. Perbandingan molar ratio A/CNK pada sampel granit di daerah penyelidikan

No	Kode Sampel	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	A/CNK = Molar Ratio	A/NK
1	TRT22M04R	15,31	2,10	4,93	2,07	1,68	2,18
2	TRT22M014D	17,14	2,01	3,77	2,28	2,12	2,96
3	TRT22M016R	15,26	2,62	4,16	2,14	1,71	2,25
4	TRT22M029R	14,71	2,04	4,83	2,55	1,56	2,14
5	TRT22M037R	15,57	2,26	5,64	0,81	1,79	1,97
6	TRT22M044R	16,86	2,01	4,59	2,20	1,92	2,56
7	TRT22M046R	14,74	2,28	3,74	2,22	1,79	2,45
8	TRT22M051R	15,51	1,91	6,23	1,00	1,70	1,90
9	TRT22M053R	23,17	0,05	2,75	0,06	8,11	8,29
10	TRT22M062R	26,88	0,04	3,15	0,08	8,25	8,44
11	TRT22MB2-030R	6,62	0,17	1,38	0,09	4,06	4,29
12	TRT22MB3-09R	26,15	0,54	4,60	0,27	4,82	5,08
13	TRT22MB3-013R	26,17	0,67	4,20	0,35	5,00	5,36

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis logam tanah jarang pada sampel batuan di daerah penyelidikan

No	Kode Sampel	Nama Batuan	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Y	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE
1	TRT22MB3-09R	Granit	24	65	9	22	10	1	0,04	1	0,05	1	9	1	0,05	0,04	0,04	143	131	12
2	TRT22MB3-013R	Granit	80	156	15	68	14	2	1	0,05	6	3	28	6	0,05	2	0,04	381	335	46
3	TRT22M04R	Granit	52	92	16	43	12	2	1	5	4	0	36	5	0,05	0,04	0,04	268	217	51
4	TRT22M016R	Tuf Litik	34	52	1	20	4	1	1	5	2	6	20	3	0,05	3	0,04	152	112	40
5	TRT22M037R	Granit	39	63	14	29	9	2	0,04	1	2	3	23	3	0,05	4	0,04	192	156	36
6	TRT22MB2-030R	Granit	38	36	18	27	7	1	3	4	2	3	37	4	0,05	5	0,04	185	127	58
7	TRT22M053R		68	103	23	43	3	1	0,04	3	1	0,05	13	3	0,05	0,04	0,04	261	241	20
8	TRT22M14D		109	186	31	80	15	2	1	3	8	3	46	7	0,05	4	6	501	423	78
9	TRT22M029R		119	184	30	74	13	2	2	3	8	2	43	7	0,05	0,04	0,04	487	422	65
10	TRT22M044R	Granit	136	237	32	86	13	3	0,04	0,05	8	6	53	4	0,05	4	0,04	582	507	75
11	TRT22M046R		78	123	10	65	15	3	1	3	6	5	59	6	0,05	3	0,04	377	294	83
12	TRT22M051F		27	50	1	23	7	1	4	3	0,05	2	10	5	0,05	0,04	0,04	133	109	24
13	TRT22M062R		16	53	8	11	3	1	0,04	3	0,05	1	3	1	0,05	0,04	0,04	100	92	8

Keterangan :

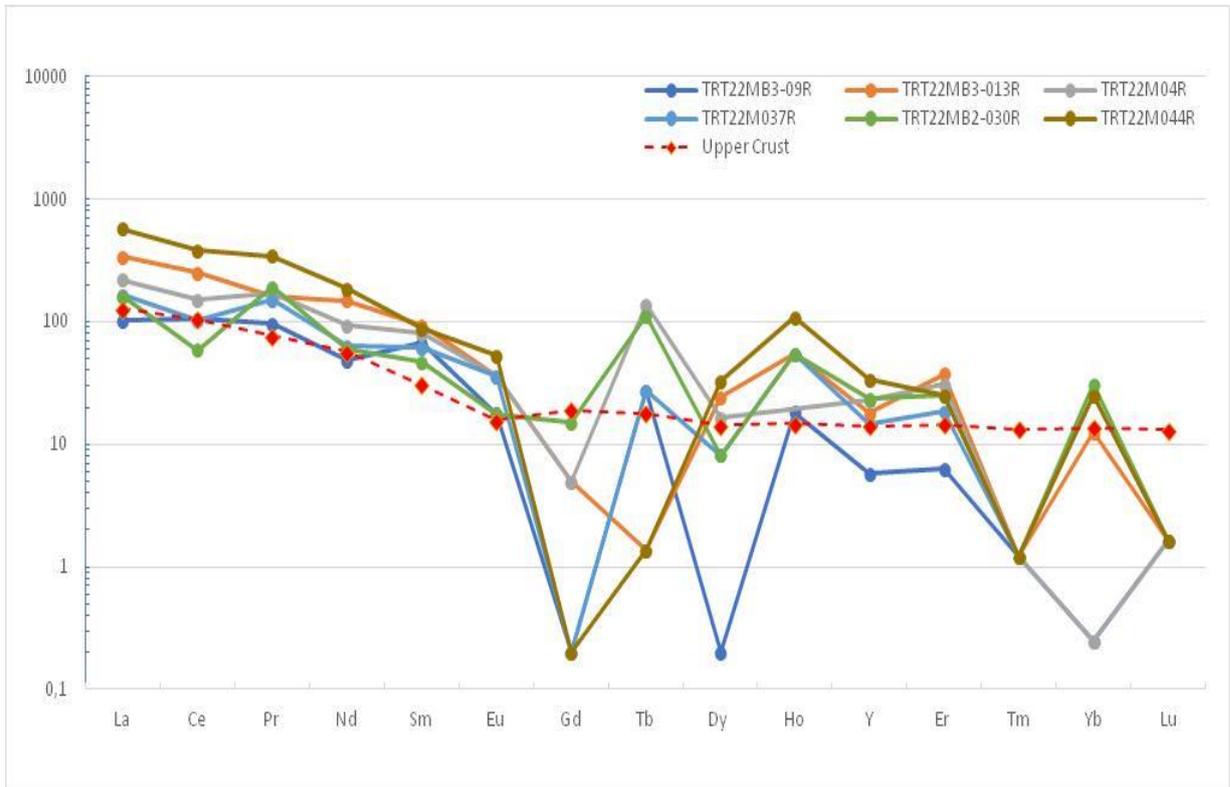
Kadar dalam ppm, LD : *limit detection*, Gd : 0,04 ppm, Tb : 0,05 ppm, Dy : 0,05 ppm, Ho : 0,05 ppm, Tm : 0,03 ppm, Yb : 0,04 ppm, Lu : 0,04 ppm

LREE (*Light Rare Earth Element*) : La, Ce, Pr, Nd, Sm dan Eu, HREE (*Heavy Rare Earth Element*) : Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Er, Tm, Yb dan Lu

ΣREE : LREE + HREE

Pola logam tanah jarang yang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough & Sun, 1995) dari hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa logam tanah jarang pada sampel batuan terutama pada batuan granit pada umumnya terjadi adanya pengkayaan dari pola normal (*upper crust*) (Gambar 14). Pada pola logam tanah jarang ternormalisasi *Chondrite* umumnya

beberapa unsur mengalami nilai dibawah pola normal yaitu Gd, Dy, Y, Er, Tm, Yb dan Lu pada satu sampel TRT22MB3-09R. Pengkayaan LTJ pada sampel batuan dari Sisoding secara umum menunjukkan pola yang sama dengan bagian atas kerak, menunjukkan kecenderungan pengayaan ke arah LTJ ringan dan penurunan ke arah kelompok logam tanah jarang berat (*HREE*).



Gambar 14. Diagram normalisasi logam tanah jarang terhadap chondrite pada sampel batuan di daerah penyelidikan

Komposisi *Major Element* dari Lapukan Granit

Akibat dari terjadinya proses pelapukan yang terjadi pada batuan induk atau batuan yg mendasarinya, sehingga lapisan lapukan akan cukup tebal, yang secara umum ketebalan bisa mencapai 50 s.d 60 meter (Liu et al., 2016a), yang berkembang secara bervariasi jenis geokimia dan mineralogi secara vertikal. Kedalaman dari setiap lapukan bergantung pada batuan induk dan struktur lokal, geomorfologi, hidrologi dan lain sebagainya, dan secara umum lapisan lapukan sebagai pembawa *ore* bisa pada kedalaman 10 s.d 20 meter (Bai et al., 1989; Chi and Tian, 2007; Chi et al., 2012;

Kanazawa and Kamitani, 2006; Sanematsu and Watanabe, 2016; Simandl, 2014; Xie et al., 2016; Yuan et al., 2012; Zhang, 1990).

Sebanyak 83 sampel lapukan dari batuan granit pada umumnya telah dilakukan analisis kimia *major element*. Secara umum, nilai Al_2O_3 hasil analisis menunjukkan nilai yang besar yang berkisar antara 45,70 s.d 65,61% dan nilai CaO yang memang mendekati angka nol (0). Hasil perhitungan nilai indeks tersebut pada umumnya derajat pelapukan memiliki nilai yang cukup tinggi yang berkisar antara 77,36 s.d 97,91%. Pada nilai indeks derajat pelapukan termasuk ke dalam pelapukan yang kuat

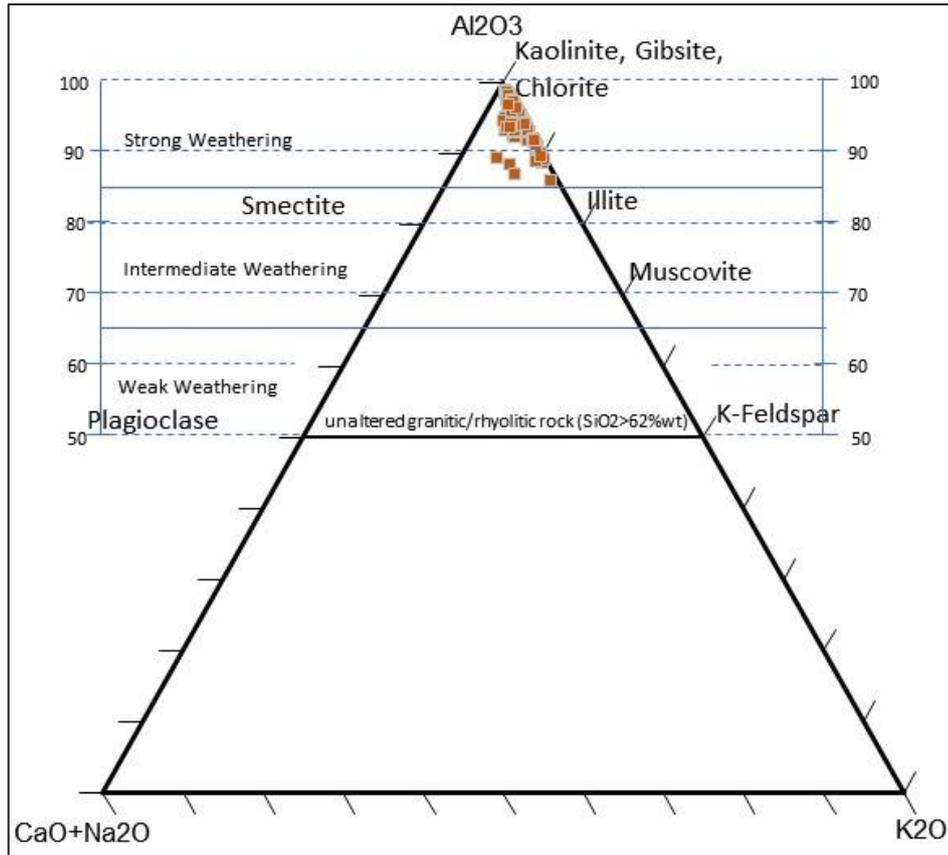
(strong weathering) berdasarkan data *Diagram ternary CIA – A – CN - K* (after Nesbit and Young, 1984) yang dapat dilihat pada gambar 15.

Dengan memperhatikan data dari hasil analisis *major element* dalam penentuan derajat pelapukan dengan diagram CIA dan hasil analisis dari XRD menunjukkan adanya kelimpahan mineral - mineral lempung seperti *kaolinite*, *illite* dan *montmorillonite* serta kenampakan megaskopis dari kegiatan lapangan menunjukkan umumnya hanya pada horizon A dan horizon B bagian paling atas.

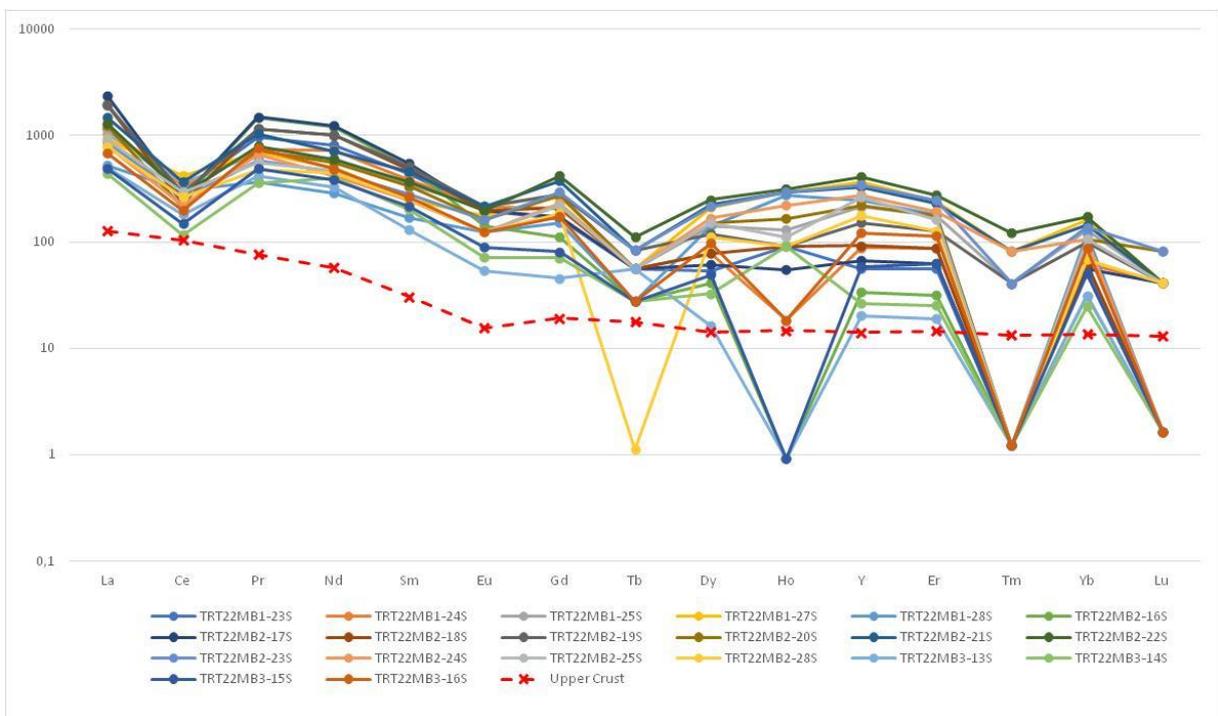
Pola logam tanah jarang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough & Sun, 1995) dari hasil analisis laboratorium PSDMBP dan Laboratorium Intertek. Secara umum menunjukkan bahwa logam tanah jarang pada lapukan terjadi adanya pengkayaan dari pola normal (*upper crust*) dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17. Hasil dari pola diagram normalisasi *chondrite* dari hasil analisis Laboratorium PSDMBP beberapa unsur yang termasuk dalam kelompok logam tanah jarang berat (*HREE*) sedikit tidak mengikuti pola secara umumnya (pola *upper crust*) yaitu unsur Tb, Ho, Tm dan Lu, hal ini dimungkinkan perbedaan dari metode analisis yang

digunakan antara Laboratorium *ICP - OES* (PSDMBP) yaitu rentang hasil analisis konsentrasi antara ppm s.d % dengan *limit detection* sekitar 0,3 s.d 0,5 ppm sehingga sampel dengan nilai dibawah nilai tersebut mengalami *noise/gangguan*, sedangkan analisis *ICP - MS* (Intertek) memiliki rentang nilai yang lebih kecil dengan konsentrasi antara ppb s.d ppt. Hasil dari pola diagram normalisasi *chondrite* dari hasil analisis Laboratorium Intertek mengalami pengkayaan terjadi umumnya pada kelompok logam tanah jarang ringan (*LREE*) dan pada terjadi penurunan pada bagian kelompok logam tanah jarang berat (*HREE*), diperoleh hasil normalisasi *chondrite* mengikuti pola secara umumnya (pola *upper crust*).

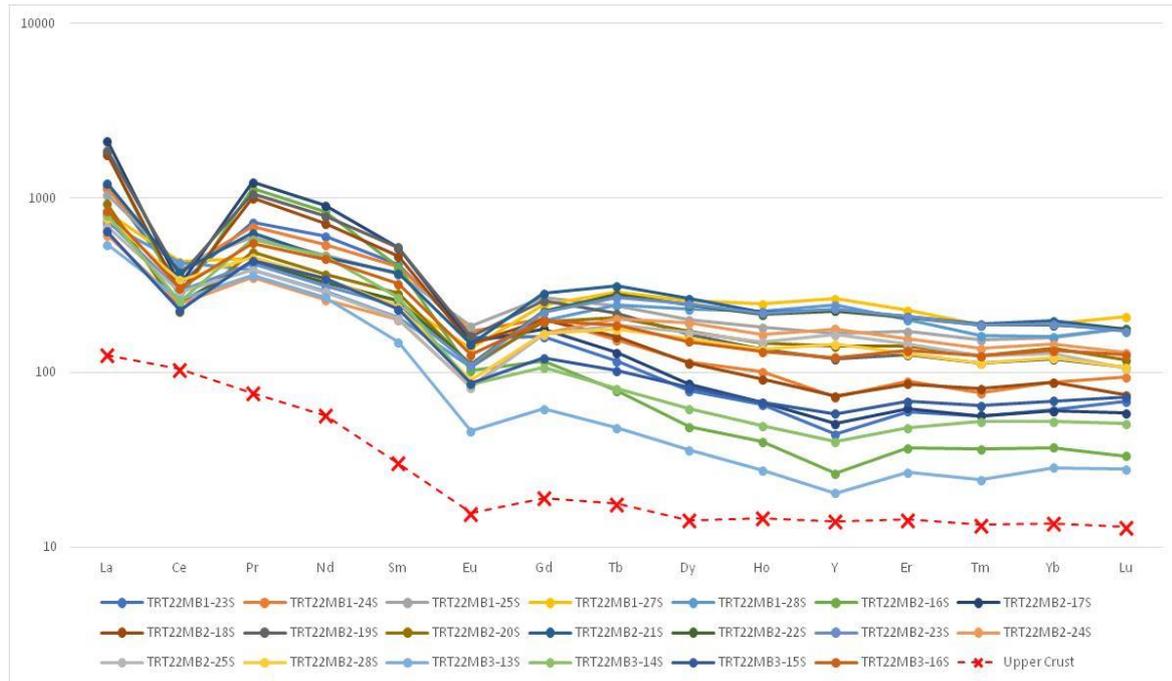
Secara karakteristik geokimia, umumnya pengkayaan logam tanah jarang terdapat pada bagian bawah pada horizon B dan bagian atas horizon C, sedangkan pada lapisan horizon C, tanah logam tanah jarang mengalami penurunan (Bai et al., 1989; Bao, 1992; Bao and Zhao, 2008; Chi and Tian, 2007; Chi et al., 2012; Fan et al., 2014; Liu et al., 2016a; Murakami and Ishihara, 2008; Pei et al., 2015; Sanematsu et al., 2016, 2015, 2013; Wu et al., 1990; Yang and Xiao, 2011; Yang, 1987; Zhang, 1990; Zhang and Lin, 1996) (Gambar 18).



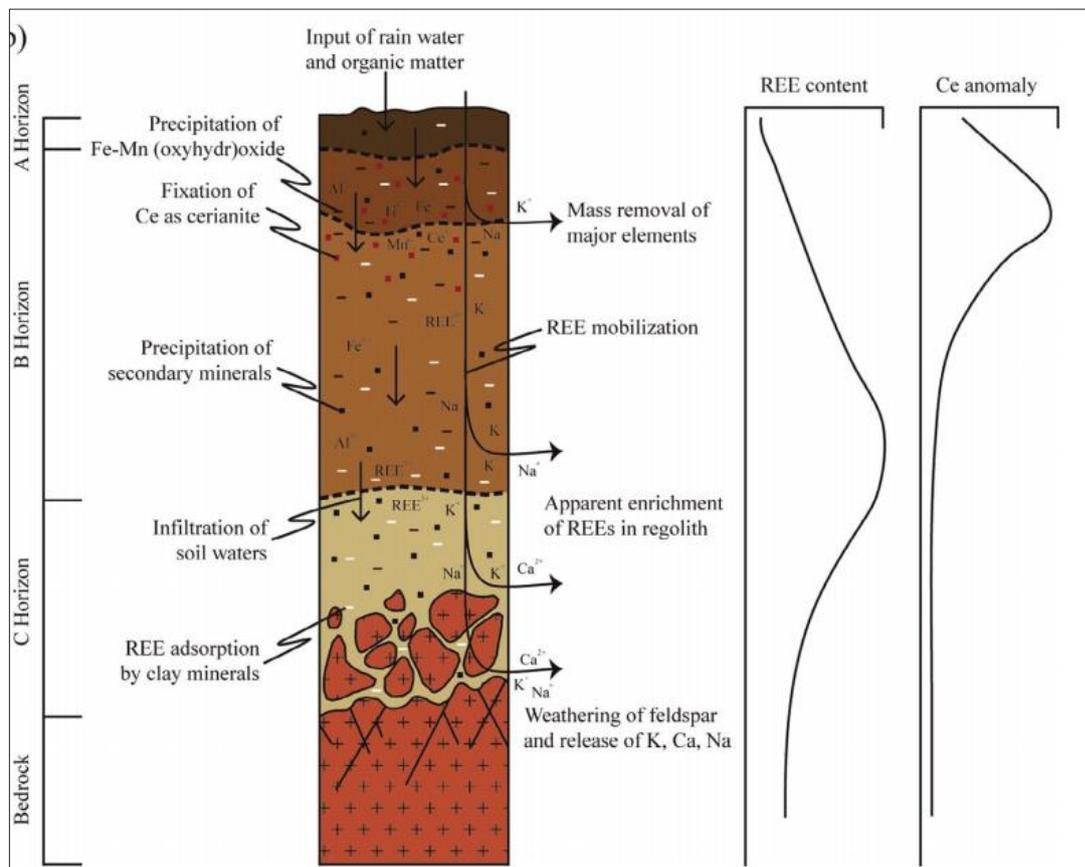
Gambar 15. Diagram ternary CIA – A – CN – K (after Nesbit and Young, 1984)



Gambar 16. Diagram normalisasi logam tanah jarang terhadap *chondrite* pada sampel lapukan di daerah Sisoding Hasil Analisis ICP – OES (PSDMBP)



Gambar 17. Diagram normalisasi logam tanah jarang terhadap *chondrite* pada sampel lapukan di daerah Sisoding Hasil Analisis ICP – MS (Intertek)



Gambar 18. Skema endapan *regolith hosted REE* di China Selatan (Li et al., 2017)

Komposisi Logam Tanah Jarang (LTJ) dari Lapukan Granit

Analisis kimia unsur kegiatan penyelidikan dari hasil kegiatan bor dan *channeling*. Sampel dari kegiatan lapangan tersebut diambil tiap 1 meter dengan kedalaman antara 14,75 s.d 32 meter. Unsur - unsur yang dilakukan analisis dengan metode ini terutama logam tanah jarang (LTJ/REE) yang terdiri La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Tm, Yb, Lu dan Sc dan juga *trace element* lainnya. Sebanyak 83 sampel soil/tanah dilakukan analisis logam tanah jarang dengan metode ICP - OES di Laboratorium PSDMBP. Selain itu, sebanyak 78 sampel soil/tanah dilakukan analisis logam tanah jarang dan *trace element* lainnya dengan metode ICP - MS di Laboratorium Intertek. Hal ini dilakukan sebagai pembandingan dari hasil analisis kedua laboratorium tersebut.

Berdasarkan data analisis ICP - OES (PSDMBP), unsur La menunjukkan semakin dalam pengambilan sampel umumnya nilai kadar unsur semakin dalam semakin tinggi dengan rentang 0 ppm s.d 551 ppm dan unsur Ce menunjukkan semakin dalam pengambilan sampel umumnya nilai kadar unsur semakin dalam semakin tinggi dengan rentang 16 ppm s.d 538 ppm dan $\sum REE$ diperoleh rentang nilai antara 25 s.d 1802 ppm. Hasil analisis logam tanah jarang menunjukkan bahwa secara umum di ketiga titik bor semakin ke bawah nilai

untuk $\sum LREE$ semakin besar, begitu juga dengan nilai $\sum REE$. $\sum HREE$ pada lokasi ini mengalami *depleted*.

Hasil analisis ICP - MS (intertek) menunjukkan peninggian unsur La dan Ce, unsur La menunjukkan semakin dalam pengambilan sampel umumnya nilai kadar unsur semakin dalam semakin tinggi dengan rentang 5 ppm s.d 505 ppm dan unsur Ce menunjukkan semakin dalam pengambilan sampel umumnya nilai kadar unsur semakin dalam semakin tinggi dengan rentang 62 ppm s.d 633 ppm dan $\sum REE$ diperoleh rentang antara 94,32 s.d 1549,56 ppm. Hasil analisis logam tanah jarang menunjukkan bahwa secara umum di ketiga titik bor semakin ke bawah nilai untuk $\sum LREE$ semakin besar, begitu juga dengan nilai $\sum REE$. $\sum HREE$ pada lokasi ini mengalami *depleted*.

Potensi Endapan Mineral

Berdasarkan data kegiatan penyelidikan, seperti pemetaan geologi dan geokimia beserta hasil analisis laboratorium di PSDMBP dan Intertek dari sampel yang di dapat diperoleh perbandingan antara *LREE (Light Rare Earth Element)*, *HREE (Heavy Rare Earth Element)* dan $\sum LREE (Total Rare Earth Element)$.

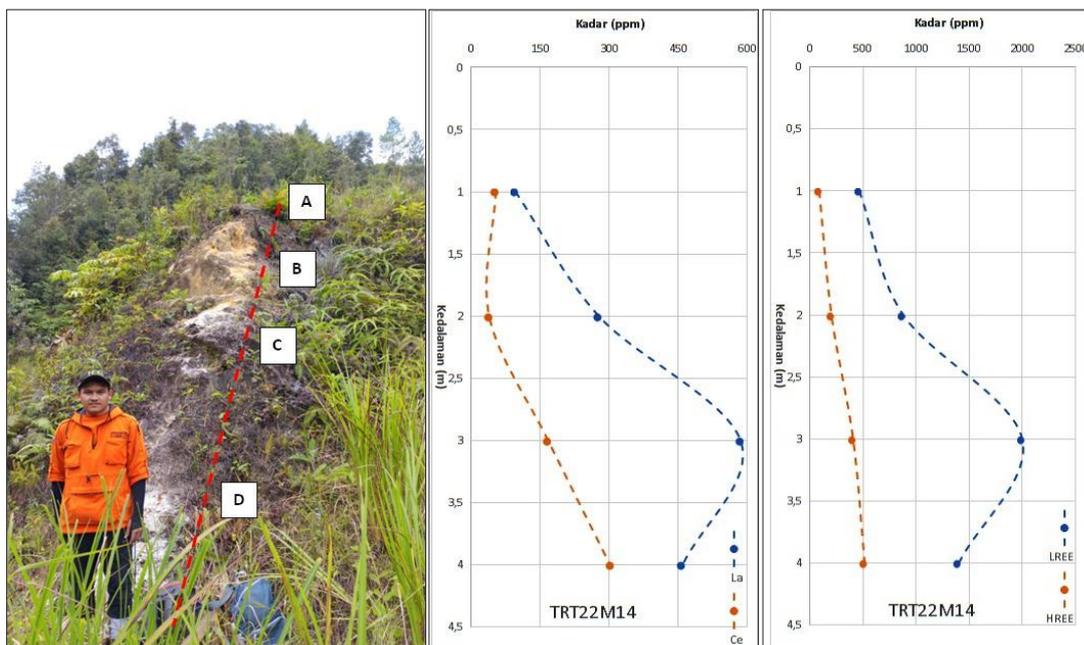
Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa pada pengambilan sampel dengan metode *testpit (channeling)* pada lokasi sampel TRT22M014 menunjukkan profil lapukan dari batuan granit. Pengambilan

sampel dilakukan dengan berdasarkan pada horizon dari interpretasi kegiatan lapangan. Pada lokasi sampel ini secara umum lapukan tersebut merupakan lapukan dari batuan granit dengan warna coklat kekuningan sedikit merah hingga kuning-putih terang. Hasil analisis logam tanah jarang menunjukkan bahwa secara umum semakin ke bawah nilai untuk $\Sigma LREE$ semakin besar, begitu juga dengan nilai ΣREE . $\Sigma HREE$ pada lokasi ini mengalami *depleted*. Unsur Ce menunjukkan semakin dalam nilai kadar unsur semakin tinggi (Gambar 19).

Lokasi titik bor 1 (satu) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai ΣREE berkisar antara 375,01 s.d 535 ppm, yang berada di daerah bagian barat, berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai total $\Sigma LREE$

dengan rentang antara 206,19 s.d 910 ppm dan $\Sigma HREE$ dengan rentang antara 10,73 s.d 627,63 ppm. Nilai kadar total logam tanah jarang (ΣREE) antara 216,92 s.d 1331,03 ppm dengan rata-rata (ΣREE) 642,01 ppm, dapat dilihat pada Gambar 20.

Lokasi titik bor 2 (dua) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai ΣREE berkisar antara 30,08 s.d 375 ppm, yang berada di daerah bagian barat laut, berdasarkan hasil analisis diperoleh hasil analisis nilai total $\Sigma LREE$ dengan rentang antara 82,96 s.d 1314,20 ppm dan $\Sigma HREE$ dengan rentang antara 11,36 s.d 576,66 ppm. Nilai kadar total logam tanah jarang (ΣREE) 94,32 s.d 1549,56 ppm dengan rata-rata (ΣREE) 648,89 ppm, dapat dilihat pada Gambar 21.

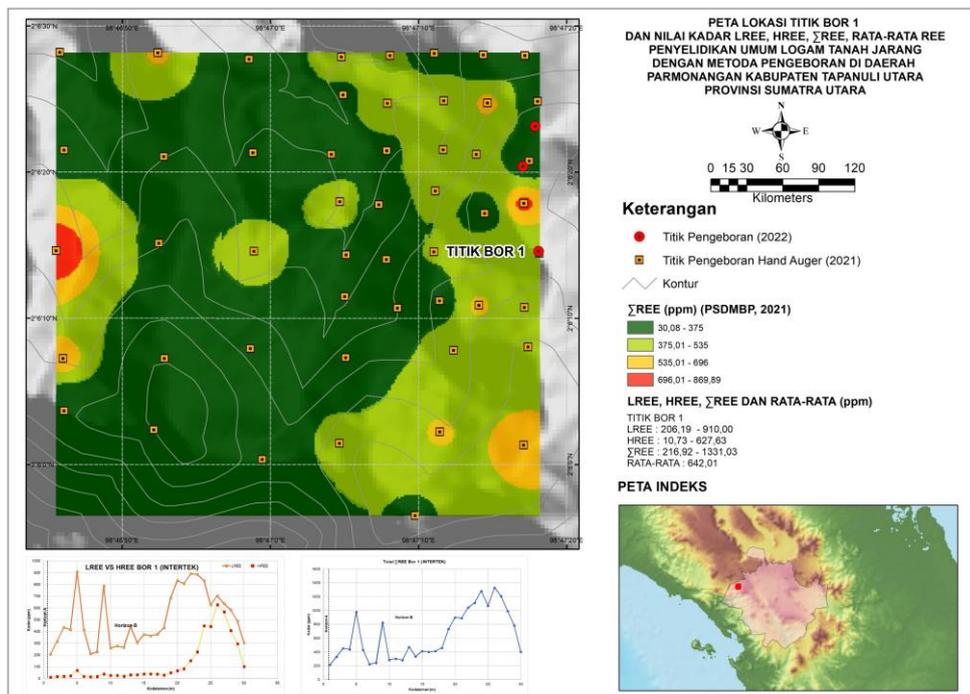


Gambar 19. Penampang vertikal dan kelimpahan logam tanah jarang pada lokasi *channeling*

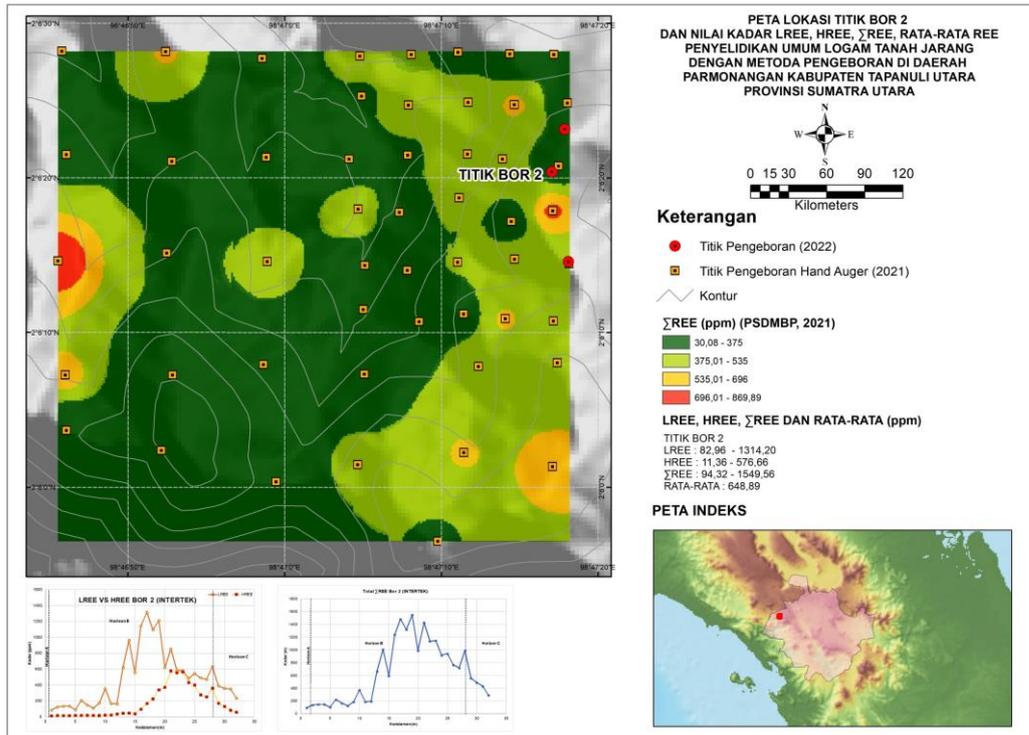
Lokasi titik bor 3 (tiga) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai ΣREE berkisar antara 375,01 s.d 535 ppm, yang berada di daerah bagian barat laut, berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai total total $\Sigma LREE$ dengan rentang antara 254,34 s.d 705,19 ppm dan $\Sigma HREE$ dengan rentang antara 14,50 s.d 331,51 ppm. Nilai kadar total logam tanah jarang (ΣREE) di titik bor 3 berkisar antara 268,84 s.d 1030,81 ppm dengan rata –rata (ΣREE) 557,57 ppm, dapat dilihat pada Gambar 22.

Kadar logam tanah jarang cukup signifikan ditunjukkan kelompok logam tanah jarang ringan (*LREE*) dengan jumlah total berkisar antara 82,96 s.d 1314,20 ppm sedangkan untuk kelompok

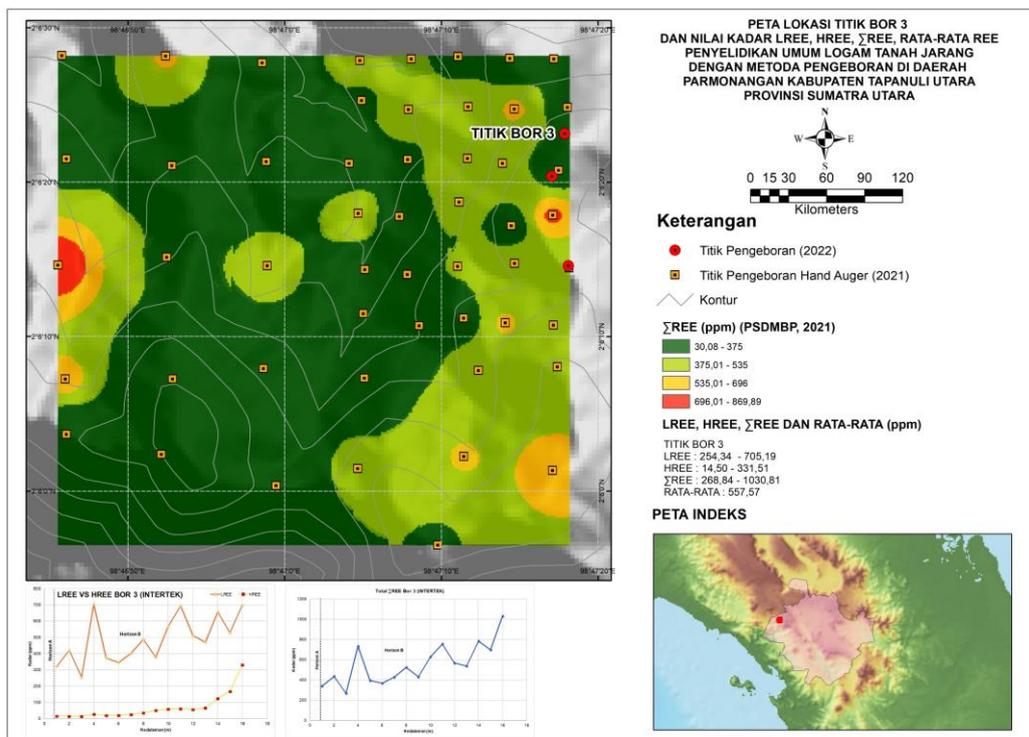
logam tanah jarang berat (*HREE*) dengan jumlah total berkisar 10,73 s.d 627,63 ppm. Nilai kadar total logam tanah jarang (ΣREE) berkisar antara 94,32 s.d 1549,56 ppm dengan nilai rata-rata 627,52 ppm untuk semua sampel dari 3 (tiga) lokasi bor. Sebagian nilai ini berada pada kisaran nilai keekonomian antara 500 s.d 2000 ppm, jika mengacu kepada endapan pelapukan granitoid di China Selatan dan berdasarkan dari hasil penelitian *REE* di Tanah Merah, Kelantan Malaysia kisaran nilai ekonomis antara 298 s.d 1298 ppm (Kementerian Tenaga dan Sumber Asli Malaysia Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia, 2022), sedangkan untuk semua sampel dari 3 (tiga) lokasi titik bor dapat dilihat pada Gambar 23.



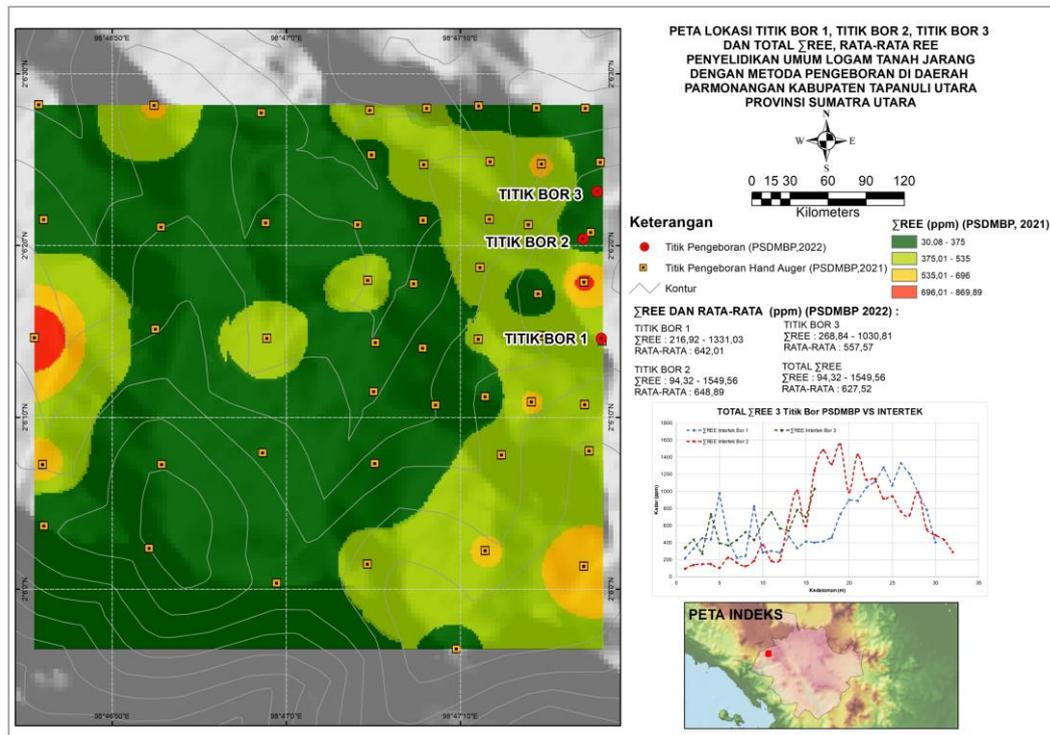
Gambar 20. Peta Lokasi Titik Bor 1 (Satu) dan Nilai *LREE*, *HREE*, ΣREE , rata – rata REE daerah Parmongan Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara



Gambar 21. Peta Lokasi Titik Bor 2 (Dua) dan Nilai LREE, HREE, Σ REE, rata – rata REE daerah Parmongan Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara



Gambar 22. Peta Lokasi Titik Bor 3 (tiga) dan Nilai LREE, HREE, Σ REE, rata – rata REE daerah Parmongan Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara



Gambar 23. Peta Lokasi Titik Bor 1 (satu), Bor 2 (dua) dan bor 3 (tiga) dan total Σ REE, rata – rata REE daerah Parmongan Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyelidikan dan analisis laboratorium, dapat disimpulkan sebagai berikut: Berdasarkan hasil penyelidikan dan analisis laboratorium, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Secara geologi, daerah penyelidikan pada umumnya disusun oleh satuan batuan granit dan satuan tuf yang mengalami pelapukan cukup luas, dimana pada sejumlah daerah menunjukkan singkapan profil pelapukan.
2. Berdasarkan penentuan tipe granit dari sampel granit di daerah Parmongan, hasil *molar ratio* menunjukkan dari setiap sampel terlihat lebih besar dari 1,1 sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan granit di daerah granit berdasarkan perhitungan perbandingan *molar ratio* termasuk ke dalam granit tipe – S.
3. Tipe endapan Logam Tanah Jarang (LTJ) atau *Rare Earth Element (REE)* adalah *ion-adsorption clay* (lapukan granit tipe –S).
4. Ubahan berdasarkan hasil analisis XRD teridentifikasi mineral - mineral lempung seperti kaolin

- yang merupakan ubahan dari feldspar serta *illite* dan *montmorillonite*, sedangkan mineralisasi yang terlihat berdasarkan hasil mineragrafi berupa pirit, hematit, rutil, sfalerit, bornit, kalkosit, kovelit dan *Hydrous Iron Oxide*.
5. Dari data sampel bor dapat dikonstruksi profil pelapukan dengan kedalaman lebih dari 32 meter, sedangkan berdasarkan data *channeling* pada lereng terbuka dapat dikonstruksi setebal maksimum 10 meter.
 6. Kondisi perlapisan hasil lapukan granit di daerah Parmonangan, secara umum nilai Al_2O_3 hasil analisis menunjukkan nilai yang besar yang berkisar antara 45,70 s.d 65,61% dan nilai CaO yang memang mendekati angka nol (0). Dari data *major element* dapat diketahui derajat pelapukan pada lapisan lapukan di daerah Parmonangan. Perhitungan nilai indeks CIA tersebut dengan melibatkan *major element* sebagai produk utama dari pelapukan seperti Al_2O_3 , CaO, K_2O dan Na_2O dalam molar. Hasil perhitungan nilai indeks tersebut pada umumnya derajat pelapukan memiliki nilai yang cukup tinggi yang berkisar antara 77,36 s.d 97,91%. Pada nilai indeks derajat pelapukan termasuk ke dalam pelapukan yang kuat (*strong weathering*).
 7. Lokasi titik bor 1 (satu) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai $\sum REE$ berkisar antara 375,01 s.d 535 ppm, yang berada di daerah bagian barat, berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai $\sum REE$ berkisar antara 216,92 s.d 1331,03 ppm dengan rata-rata ($\sum REE$) 642,01 ppm.
 8. Lokasi titik bor 2 (dua) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai $\sum REE$ berkisar antara 94,32 s.d 1549,56 ppm dengan rata-rata ($\sum REE$) 648,89 ppm.
 9. Lokasi titik bor 3 (tiga) berdasarkan data kegiatan PSDMBP 2021 berada di daerah penyelidikan zona anomali dengan nilai $\sum REE$ berkisar antara 268,84 s.d 1030,81 ppm dengan rata-rata ($\sum REE$) 557,57 ppm.
 10. Nilai kadar logam tanah jarang cukup signifikan ditunjukkan kelompok logam tanah jarang ringan (*LREE*) dengan jumlah total berkisar 82,96 s.d 1314,20 ppm sedangkan untuk kelompok logam tanah jarang berat (*HREE*) dengan jumlah total berkisar antara 10,73

s.d 627,63 ppm. Nilai kadar total logam tanah jarang (ΣREE) berkisar antara 94,32 s.d 1549,56 ppm dengan nilai rata-rata 627,52 ppm. Sebagian nilai ini berada pada kisaran nilai keekonomian antara 500 s.d 2000 ppm, jika mengacu kepada endapan pelapukan granitoid di China Selatan dan berdasarkan dari hasil penelitian *REE* di Tanah Merah, Kelantan Malaysia kisaran nilai ekonomis antara 298 s.d 1298 ppm.

11. Secara umum, profil pelapukan di daerah Parmonangan menunjukkan kecenderungan pengayaan (*enrichment*) logam tanah ke arah kedalaman. Hanya pada daerah tertentu terjadi pemiskinan nilai (*depletion*), diduga disebabkan adanya proses pelindihan (*leaching*) dan presipitasi serta proses lainnya.
12. Umumnya pengambilan sampel dengan bor mesin berada pada

horizon B dan bagian atas horizon C, pengayaan logam tanah jarang cenderung terjadi ke arah horizon B yang berbatasan dengan horizon C.

Saran

Hasil penyelidikan lapangan yang telah dilakukan dengan pengeboran dalam antara 14,75 s.d 32 meter, sehingga diketahui karakteristik dari logam tanah jarang di daerah Parmonangan yang merupakan lapukan granit tipe – S dan diperkuat dengan data anomali serta sumberdaya logam tanah jarang diperkirakan sebesar 2,39 ton atau 2.390 kg berupa logam dengan nilai kadar total logam tanah jarang berkisar antara 30,08 – 869,89 ppm dari blok penyelidikan dengan luasan ± 60 ha hasil penyelidikan PSDMBP 2021. Maka daerah Parmonangan di daerah Parmonangan dapat diusulkan rekomendasi untuk Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) Logam Tanah Jarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldhias D.T., Whandoyo R, Sjaefuddin A.G dan Kusjono. 1983. *Geologi Lembar Sidikalang, Sumatra, Skala 1 : 250.000*. Puslitbang Geologi, Bandung
- Anonim, 2022, *Prosedur Operasi Standard (SOP) Perlombongan Unsur Nadir Bumi Bukan Radioaktif (NR-REE) Di Malaysia, Kementerian Tenaga dan Sumber Asli Malaysia Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia*.

- Aspden, J.A., Kartawa, W., Aldiss, D.T., Djunuddin, A., Whandoyo R., Diatma, D., Clarke, M.C.G. and Harahap, H. 1982. *Geologic Map of the Padang Sidempuan and Sibolga Quadrangles, Sumatra: Explanatory Notes Geological Research and Development Centre*. Bandung. Indonesia.
- Badan Pusat Statistik, 2020. *Kabupaten Tapanuli Utara Dalam Angka/In Figures 2010*. BPS Kabupaten Tapanuli Utara.
- Bai, G., Wu, C., Ding, X., Yuan, Z., Huang, D., Wang, P., 1989. *Genesis and spatial distribution of ions.d adsorption type REE deposits in Nanling region. Beijing, p. 105 (in Chinese)*.
- Bao, Z., Zhao, Z., 2008. *Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China. Ore Geol. Rev. 33, 519 s.d 535*.
- Bao, Z., 1992. *A geochemical study of the granitoid weathering crust in southeast China. Geochemica 2, 166 s.d 174 (in Chinese with English abstract)*.
- Cerný P, Ercit TS. 2005. *The classification of granitic pegmatites revisited. Canadian Mineralogist 43: 2005 - 2026*
- Chappell, B.W., and White, A.J.R. 1974. *Two Contrasting Granites Types. Pacific Geology, 8, 173 - 174*
- Chi, R., Tian, J., 2007. *Review of weathered crust rare earth ores. J. Chinese Rare Earth Soc. 25, 641 s.d 650 (in Chinese with English abstract)*.
- Chi, R., Tian, J., Luo, X., Xu, Z., He, Z., 2012. *The basic research on the weathered crust elutions.d deposited rare earth ores. Nonferrous Met. Sci. Eng. 3, 1 s.d 13 (in Chinese with English abstract)*.
- Cobbing, E. J. 2005. Granites. In: Barber, A. J., Crow, M. J. and Milsom, J. S., (eds.), *Sumatra Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geol. Soc. London, Mem., 31, 54 - 62*.
- Cox, K.G., et al. 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London, 450 p*.
- Fan, F., Xiao, H., Chen, L., Bao, X., Cai, Y., Zhang, J., Zhu, Y., 2014. *Mineralization and geological characteristics of elutions.d deposited rare earth ore from weathering crust in Pitou region, southern Ganzhou. J. Chinese Soc. Rare Earths 32, 101 - 107 (in Chinese with English abstract)*.
- Fontaine, H. and Gafoer, S. 1989. *The Pres.d Tertiary Fossils of Sumatra and their Environments. CCOP Technical Papers, United Nations, Bangkok, 19, 31 - 40*.
- Ghazali, S. A. dan Hariwidjaja. 1985. *Peta Geokimia Tinjau Sumatra Bagian Utara, Lembar Sidikalang, Penyelidikan Geologi Terpadu Sumatra Bagian Utara. DMR - ISGS, Bandung*

- Grilli, M.; Bellezze, T.; Gamsjäger, E.; Rinaldi, A.; Novak, P.; Balos, S.; Piticescu, R.; Ruello, M. *Solutions for Critical Raw Materials under Extreme Conditions: A Review. Materials* 2017, 10, 285, doi:10.3390/ma10030285.
- Hutchison, C. S. 1988. *The tin metallogenic provinces of S.E. Asia and China: A Gondwanaland inheritance. Hutchison, C. S. (eds.), Geology of Tin Deposits in Asia and the Pacific. Springer Verlag, Heidelberg, 225 - 234.*
- Ishihara. 1980. *Granitic Magmatism and Related Mineralization, Mining Geology Special Issue No.8, 1980, The Society of Mining Geology of Japan, p. 13 - 28*
- Kanazawa, Y., Kamitani, M., 2006. *Rare earth minerals and resources in the world. J. Alloys Compd.* 408, 1339 - 1343.
- Kisman, dkk. 2011. *Eksplorasi Umum Logam Jarang (REE) Timah Di Kabupaten Tapanuli Utara. Provinsi Sumatera Utara. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung*
- Kuntjara, U., dkk., 2000. *Eksplorasi Logam Langka di Daerah Sosortolong dan sekitarnya, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara. Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung*
- Li, M.H.Y., Zhao, W.W., Zhou, M.F. 2017. *Nature of Parent Rocks, Mineralization Styles and Ore Genesis of Regoliths.d Hosted REE Deposits in South China: An Integrated Genetic Model. Journal of Asian Earth Sciences* 148, 65 - 95.
- Linnen, R.L., Lichtervelde, V.M., Cerny, P. 2012. *Granitic Pegmatites as Sources of Strategic Metals. Elements, Vol. 8, pp. 275 - 280*
- Liu, R., Wang, R.C., Lu, X., Li, J., 2016a. *Nanos.d sized rare earth minerals from graniterelated weatherings.d type REE deposits in southern Jiangxi. Acta Petrol. Mineral.* 35, 617 s.d 626 (in Chinese with English abstract).
- McDonough, W.F. and Sun, S.S., 1995. *The composition of the Earth. Chemical Geology, vol.120, p. 223 - 253*
- Middlemost, E.A.K. 1994. *Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. Earths.d Science Reviews, 37, 215 - 244*
- Murakami, H., Ishihara, S., 2008. *REE mineralization of weathered crust and clay sediment on granitic rocks in the Sanyo Belt, SW Japan and the Southern Jiangxi Province, China. Resource Geol.* 58, 373 - 401.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1984. *Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochimica Cosmochimica Acta, Vol. 48, p. 1523 - 1534.*
- Nishimura, S. and Suparka, S. 1997. *Tectonic approach to the Neogene evolution of Pacific Indian Ocean Seaways, Tectonophysics, 281, 1 - 16*

- Peccerillo, A. dan S.R Taylor. 1976. *Geochemistry of Eocene Calcs.d Alkaline Volcanic Rocks from The Kastamonu Area, Northern Turkey*. Canberra. Contributions Mineralogy and Petrology by Springer.s.d Verlag 1976 Vol. 58 p.63 - 81
- Pei, Q., Liu, T., Yuan, H., Cao, H., Li, S., Hu, X., 2015. *Geochemical characteristics of trace elements of ion adsorption type rare earth elements deposit in Guposhan region, Guangxi, China*. *J. Chengdu Univ. Technol. (Science & Technology Edition)* 42, 451 s.d 462 (in Chinese with English abstract).
- Rollinson, H. R., 1993. "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation", J. Wiley & Sons Inc., New York, USA
- Roskill, 2011, *Rare Earths & Yttrium: Market Outlook to 2015, 14th edition, 2011: Roskill Information Services, Ltd., London, 492 p.*
- Sanematsu, K., Ejima, T., Kon, Y., Manaka, T., Zaw, K., Morita, S., Seo, Y., 2016. *Fractionation of rare.s.d earth elements during magmatic differentiation and weathering of calcs.d alkaline granites in southern Myanmar*. *Mineral. Mag.* 80, 77 - 102.
- Sanematsu, K., Watanabe, Y., 2016. *Characteristics and genesis of ions.d adsorption type deposits*. *Rev. Econ. Geol.* 18, 55 - 79.
- Simandl, G., 2014. *Geology and markets.d dependent significance of rare earth element resources*. *Miner. Deposita* 49, 889 - 904.
- Subandrio, A. S. 2012. *Evolution of Magmatic Rock and Metalogenesis of Sibolga Granitoid Complex, North Sumatra, PhD Dissertation, Padjadjaran University, Unpublished, 280p. (in Indonesian)*
- Sulaeman, Dkk. 2021. *Eksplorasi Logam Tanah Jarang Di Daerah Granit Sibolga Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara*. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung.
- Tampubolon, A., dkk. 2006. *Eskplorasi umum logam langka di Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara*. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Wu, C., Huang, D., Guo, Z., 1990. *REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi Province*. *Acta Geol. Sin. (English Edition)* 193 - 209.
- Xie, Y., Hou, Z., Goldfarb, R.J., Guo, X., Wang, L., 2016. *Rare earth element deposits in China*. *Rev. Econ. Geol.* 18, 115 - 136.
- Xu, C., Kynický, J., Smith, M.P., Kopriva, A., Brtnický, M., Urubek, T., Yang, Y., Zhao, Z., He, C., Song, W., 2017. *Origin of heavy rare earth mineralization in South China*. *Nat. Commun.* 8, 14598

- Yang, D.s.d H., Xiao, G.s.d M., 2011. *Regional metallogenic regularities of the ion adsorption type of rare earth deposits in Guangdong province. Geol. Resources 20, 462 s.d 468 (in Chinese with English abstract).*
- Yang, Z., 1987. *A study on clay minerals from the REE rich weathered crust developed on the Longnan granite in Jiangxi. Sci. Geol. Sin. 1, 70 - 81 (in Chinese with English abstract).*
- Yuan, Z., Li, J., Wang, D., Zheng, G., Lu, D., Chen, Z., Zhao, Z., Yu, Y., 2012. *Mineralization pattern of REE deposits in China, Beijing, p. 116 (in Chinese).*
- Zhang, Z., 1990. *A study on weathering crust ion adsorption type REE deposits, South China. Contrib. Geol. Mineral Resources Res. 5, 57 - 71 (in Chinese with English abstract).*
- Zhang, Z., Lin, C., 1996. *The behaviour of rare earth elements (REE) during weathering of granites in southern Guangxi, China. Chin. J. Geochem. 15, 344 - 352.*

**PENYELIDIKAN UMUM LOGAM MULIA DAN LOGAM DASAR
DENGAN METODA GEOLOGI, GEOKIMIA TANAH DAN GEOFISIKA
DAERAH WATULIMO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN TRENGGALEK,
PROVINSI JAWA TIMUR**

**Dzil Mulki Heditama, Edya Putra, Agata Vanessa, Hartaja M. Hatta W., Iwan Nursahan,
Bayu Sayekti, Sulaeman, dan Suwahyadi**

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Penyelidikan umum logam mulia dan logam dasar dengan metoda geologi, geokimia tanah dan geofisika di Daerah Watulimo dan sekitarnya, Kabupaten Trenggalek Jawa Timur dimaksudkan untuk memetakan sebaran mineralisasi logam emas dan logam dasar serta mineral ikutannya dengan tujuan menentukan wilayah prospek komoditi mineral logam dengan lebih rinci yang nantinya dapat digunakan dalam perencanaan pengelolaan sumber daya mineral secara terpadu. Penyelidikan yang dilakukan berupa pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi semi rinci, disertai dengan pengambilan sampel geokimia tanah dan batuan secara sistimatis di permukaan dan ditunjang dengan pengukuran geofisika menggunakan metoda geomagnet untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Pengukuran geomagnet menggunakan sistim kisi dan acak dengan jumlah pengukuran sebanyak 611 titik.

Berdasarkan ciri-ciri litologi yang teramati di lapangan dan dari pola morfologi, terdapat 5 (lima) satuan batuan dengan urutan dari tua ke muda yaitu: Satuan diorit berkristal halus-sedang, Satuan diorit berkristal kasar, Satuan breksi vulkanik, Satuan batugamping dengan perselingan napal dan Satuan pasir pantai. Alterasi batuan yang teramati di lapangan dapat dibagi menjadi 4 jenis alterasi yang dapat terpetakan yaitu (1) Zona Argilik: Kaolin-Silika-Pirit, (2) Zona Propilitik: Klorit-Epidot+Magnetit, (3) Zona Potasik: Magnetit+K Felspar dan (4) Zona Silisifikasi: Silika-Illit-Pirit. Terdapat 2 (dua) mineralisasi yang teramati dan terbentuk di daerah penyelidikan yaitu mineralisasi Cu-Au dan mineralisasi Pb-Zn-Au. Model endapan di daerah penyelidikan dikategorikan sebagai endapan porfiri yang dicirikan dengan hadirnya alterasi potasik (Magnetit+K Felspar) di daerah Sungai Nanggung, dengan kadar Au 0,7 ppm hingga 4 ppm dan kadar Cu 0,3% sampai dengan 1,6 %. Zona potasik tersebut didukung dengan adanya sebaran nilai suseptibilitas tinggi dari hasil pemodelan data geomagnet. Sedangkan dari peta anomali geokimia, ubahan dan mineralisasi tipe urat comb dan colloform di Blok utara dan Sungai

Bengkorok, diinterpretasikan sebagai mineralisasi epitermal (Pb-Zn-Au) dengan nilai Pb s.d. 1,16 %, Zn 1,75% dan Au s.d. 2,5 ppm. Direkomendasikan untuk kegiatan selanjutnya berupa penyelidikan geologi rinci dan Geofisika IP-AMT untuk mengetahui dimensi endapan epitermal dan porfiri di bawah permukaan.

Kata kunci: potasik, porfiri, geomagnet, suseptibilitas, tembaga, emas

PENDAHULUAN

Secara regional, penyelidikan mineral logam telah dilakukan oleh Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DJGSM-DESDM) yang bekerja sama dengan pemerintah Jepang (JICA/MMAJ) di wilayah Jawa Timur Bagian Selatan mulai tahun 2001 sampai tahun 2004 (Widodo, 2001 dan Widodo, 2003). Penyelidikan ini meliputi wilayah Kabupaten Pacitan, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Bilitar, Kabupaten Malang serta Kabupaten Lumajang, Propinsi Jawa Timur. Pada tahun 2018 Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) melakukan kegiatan Evaluasi Tipe Porfiri di Indonesia dengan melakukan uji petik di daerah Tasikmadu, Kabupaten Trenggalek. Hasil uji petik ini memperlihatkan batuan termineralisasi kalkopirit dan bornit yang teroksidasi menjadi malakit, dengan kadar Cu (tembaga) 0,64% s.d. 0,7% dan Au (emas) 1,16 ppm dan 3,4 ppm (Ernowo, dkk, 2018).

Pada tahun 2017 dan 2019 telah dilakukan studi alterasi hidrotermal dan mineralisasi logam emas di Kecamatan Gandu Sari dan Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Dari hasil penyelidikan tersebut diketahui mineralisasi terdapat pada batuan Breksi Vulkanik dari Formasi Mandalika yang mengalami ubahan argilik-argilik lanjut, seritik-filik dengan kehadiran urat kuarsa (*vein type*). Urat kuarsa ini memiliki tekstur *vuggy*, *suggary quartz* dan *stockwork*. Hasil analisis sampel dari batuan teralterasi dan termineralisasi dari studi ini diperoleh kadar Au hingga 20 ppm, Cu > 300 ppm, Mo >16.000 ppm, Pb > 100 ppm dan Zn 690 ppm (Aldan, dkk, 2017 dan K. Kresna, dkk, 2019).

Untuk menindaklanjuti hasil penyelidikan terdahulu maka pada tahun 2022, PSDMBP melakukan kegiatan Penyelidikan Umum Logam Mulia dan Logam Dasar dengan Metoda Geologi, Geokimia Tanah dan Geofisika (Geomagnet) di Daerah Watulimo dan Sekitarnya, Kabupaten Trenggalek, Propinsi Jawa Timur yang dibiayai oleh Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) PSDMBP tahun 2022.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam kegiatan ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa tahap, yaitu: persiapan, kegiatan lapangan, analisis laboratorium, pengolahan data dan penyusunan laporan. Pelaksanaan penyelidikan mencakup beberapa metoda, yaitu pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi skala semi rinci dengan melakukan pengamatan morfologi, stratigrafi, deskripsi batuan dan pengamatan struktur geologi. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel geokimia tanah dengan metoda *ridge and spur* dengan interval 50 meter. Pengukuran geofisika dengan metoda geomagnet dilakukan dengan sistem kisi (*grid*) dan acak (*random*). Masing-masing titik dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali bacaan alat. Sistem kisi dilakukan di Blok Tasikmadu sesuai dengan perencanaan awal yang terdiri dari 5 lintasan. Jarak antar lintasan sekitar 200 meter, sedangkan jarak antar titik dalam lintasan sekitar 25 meter. Jumlah titik geomagnet yang berhasil diukur dengan sistem kisi adalah sebanyak 396 titik. Untuk sistem acak dilakukan di perluasan bagian utara Blok Tasikmadu. Titik geomagnet tersebut tersebar secara acak dan dapat mewakili seluruh area tersebut dengan jarak antar titik berkisar antara 50 meter hingga 100 meter. Jumlah titik geomagnet pada sistem acak adalah 215 titik. Dengan demikian total jumlah titik geomagnet yang

diukur pada Blok Tasikmadu dan perluasan Blok Tasikmadu bagian Utara adalah 611 titik.

Dilakukan pengolahan terhadap data hasil pengukuran geomagnet dengan menerapkan beberapa koreksi seperti koreksi variasi harian (diurnal) dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Koreksi tersebut dilakukan untuk menghilangkan pengaruh anomali magnet lokal dan menghilangkan pengaruh dari variasi medan magnet harian. Data yang telah terkoreksi disebut dengan anomali magnetik total. Selanjutnya data anomali magnetik total tersebut dilakukan beberapa proses filter seperti penghitungan anomali regional, residual, dan reduksi ke kutub (Telford, 1990).

Blok Tasikmadu memiliki nilai IGRF sekitar 45.134,6 nT, inklinasi $-32,7919^\circ$, dan deklinasi sebesar $0,8042^\circ$. Nilai IGRF tersebut digunakan dalam proses koreksi data. Sedangkan nilai inklinasi dan deklinasi digunakan untuk proses reduksi ke kutub.

GEOLOGI DAERAH PENYELIDIKAN

Morfologi

Morfologi daerah penyelidikan dapat dibagi menjadi 4 morfologi yaitu morfologi Dataran Rendah Landai, morfologi Dataran Rendah Pedalaman Agak Curam, morfologi Perbukitan Rendah Agak Curam dan morfologi Perbukitan Agak Curam. Identifikasi keempat satuan tersebut berdasarkan

klasifikasi van Zuidam, 1985, dengan melihat kerapatan kontur di peta dan kenampakan bentang alam di lapangan serta pola batuan penyusun dari morfologi tersebut.

Stratigrafi

Pengamatan stratigrafi di daerah penyelidikan dilakukan di sungai-sungai serta di perbukitan yang batuannya tersingkap. Berdasarkan ciri-ciri litologi yang teramati di lapangan dan dari pola morfologi, terdapat 5 (lima) satuan batuan dengan urutan dari tua ke muda yaitu: Satuan diorit berkristal halus-sedang, Satuan diorit berkristal kasar, Satuan breksi vulkanik, Satuan batugamping dengan perselingan napal dan Satuan pasir pantai.

Struktur Geologi

Penarikan struktur geologi di daerah penyelidikan diamati dari kenampakan bidang–bidang sesar di lapangan, arah urat dan menyelaraskan dengan batas satuan batuan serta kenampakan morfologi dari pola–pola kelurusan dari kontur dan juga DEM, hasilnya dapat dilihat pada peta geologi.

Kenampakan struktur paling jelas di lapangan adalah banyaknya tebing curam di aliran–aliran sungai. Kenampakan bidang–bidang struktur geologi ini paling jelas dijumpai di hulu sungai.

Dari hasil pengamatan tersebut, struktur geologi yang dijumpai di daerah penyelidikan adalah pola – pola kelurusan yang memiliki arah relatif barat laut – tenggara dan timur laut - barat daya. Selain pola kelurusan juga ditemukan kekar–kekar berpasangan yang di beberapa tempat telah terisi oleh kuarsa.

Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal yang terdapat di daerah penyelidikan berada di perbukitan Tasikmadu yang masuk wilayah dusun Karanggongso. Alterasi batuan yang teramati di lapangan dapat dibagi menjadi 4 jenis alterasi yang dapat dipetakan yaitu (1) Zona Kaolin-Silika-Pirit (Argilik), (2) Zona Klorit-Epidot+Magnetit (Propilit), (3) Zona Magnetit+K Felspar (Potasik), dan (4) Zona Silika-Illit-Pirit (Silisifikasi).

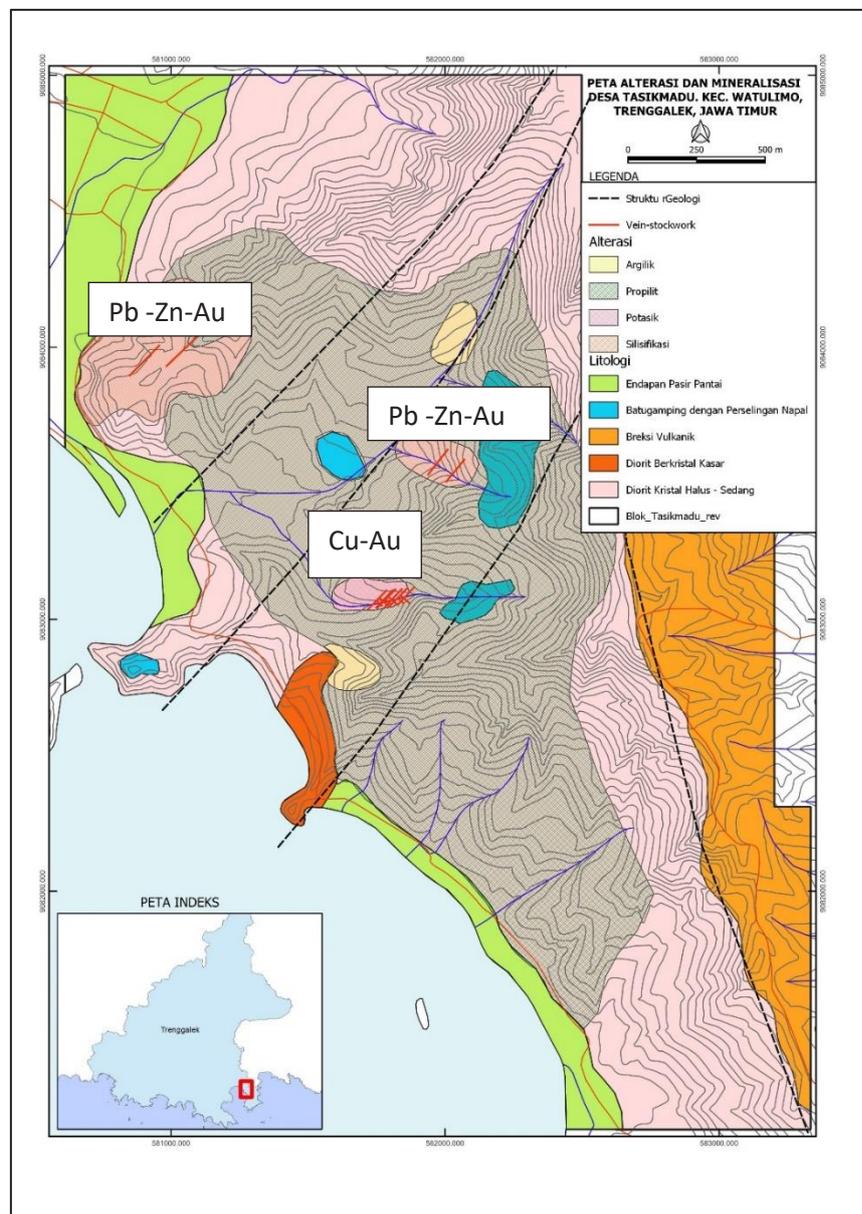
Mineralisasi

Terdapat 2 (dua) mineralisasi yang teramati dan terbentuk di daerah penyelidikan yaitu mineralisasi Cu-Au dan mineralisasi Pb-Zn-Au. Mineralisasi Cu–Au dijumpai di daerah Sungai Nanggung pada batuan diorit berbutir halus – sedang yang teralterasi magnetit – K-Feldspar (Potasik). Peta alterasi dan mineralisasi daerah Tasikmadu disajikan pada Gambar 1. Mineralisasi ini dicirikan dengan kehadiran *stockwork* M-vein, A-vein, B-vein. Kehadiran *stockwork* ini disertai dengan kehadiran *veinlet* kalkopirit yang

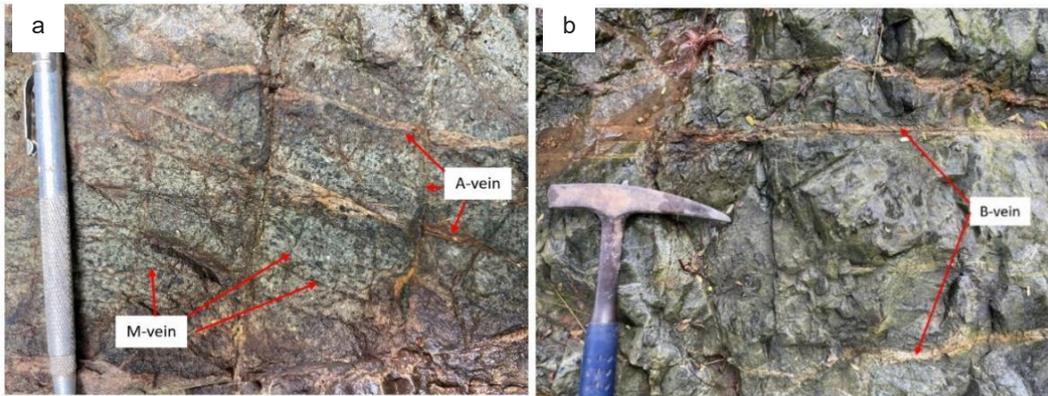
memotong *stockwork* dan kalkopirit yang menyebar dan telah mengalami oksidasi menjadi malakit (Gambar 2).

Mineralisasi pada endapan epitermal Pb-Zn, diinterpretasikan berasosiasi dengan alterasi silika-ilit-pirit (Silisifikasi) pada batuan diorit. Mineralisasi ini ditunjukkan dengan kehadiran urat kuarsa dengan lebar antara 15 cm s.d. 50 cm yang memiliki tekstur

sisir (*comb*) serta *colloform*. Mineralisasi yang teramati pada urat kuarsa ini berupa kehadiran mineral pirit, galena dan sedikit sfalerit, disertai dengan garis-garis sulfida hitam pada urat kuarsa. Di beberapa tempat mineralisasi ini menunjukkan gejala oksidasi yang sangat kuat dengan arah urat kuarsa relatif timur laut - barat daya (N40°E).



Gambar 1. Peta ubahan dan mineralisasi di daerah Tasikmadu Pangkuruhan



Gambar 2 .(a) Kenampakan M-vein dan A-vein pada alterasi magnetit-K Feldspar (Potasik) di sungai Nanggung (TRK22M006R); (b) Kenampakan B-vein pada alterasi magnetit-K Feldspar (Potasik) di sungai Nanggung (TRK22M006R)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Model Endapan

Berdasarkan hasil pengamatan alterasi dan mineralisasi di lapangan serta didukung oleh hasil laboratorium menunjukkan bahwa di Daerah Tasikmadu terdapat 4 (empat) zona alterasi batuan yaitu (1) zona argilik dengan mineral utamanya; kaolin-silika-pirit, (2) zona propilitik dengan mineral utama; klorit-epidot+magnetit, (3) zona potasik yang ditandai dengan kehadiran mineral magnetit+K Felspar dan (4) zona silisifikasi dengan mineral utama silika-illit-pirit. Selain itu di daerah penyelidikan terdapat 2 (dua) tipe mineralisasi yaitu mineralisasi Cu-Au dan mineralisasi Pb-Zn-Au. Mineralisasi Cu-Au yang dicirikan dengan alterasi potasik dan kehadiran *stockwork* M-vein, A-vein, B-vein diinterpretasikan termasuk tipe endapan porfiri (Silitoe, 2010). Hasil pengamatan dan pengukuran inklusi fluida pada A-vein dan B-vein menunjukkan keterdapatan

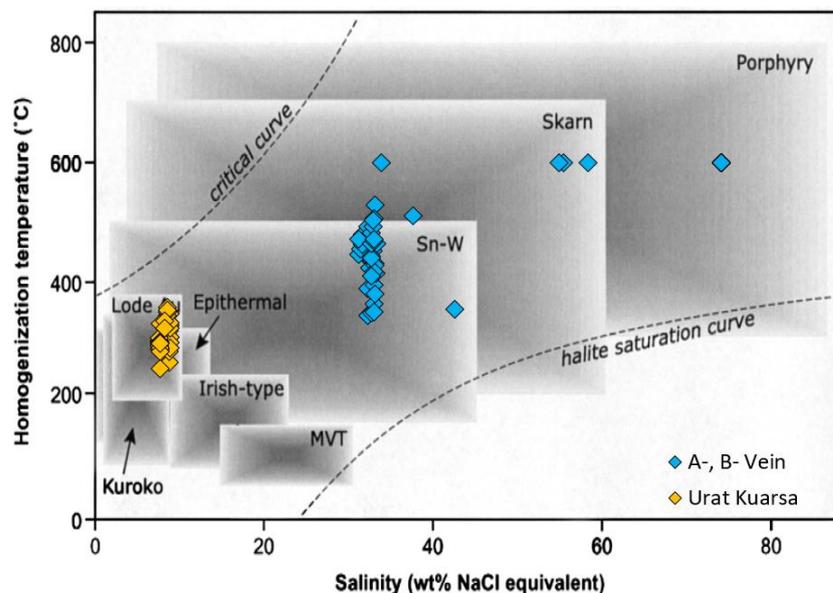
inklusi yang mengandung cairan hipersalin (salinitas 31,09 s.d. >73,95 wt% NaCl eq.) dengan temperatur tinggi (408° s.d. >600°C). Selain itu terdapat inklusi fluida yang mengandung halit dan inklusi yang *vapor rich* secara berdampingan menunjukkan keterkaitan dengan tahap awal aktivitas magmatik-hidrotermal (Bodnar et al., 1985) dan merupakan inisiasi dari alterasi potasik (Silitoe, 2010). Temperatur tinggi dengan salinitas tinggi menunjukkan tipe endapan porfiri. Dengan demikian, mineralisasi Cu-Au merupakan tipe endapan porfiri yang merupakan tahap awal aktivitas hidrotermal, setelah itu terjadi penurunan temperatur dan adanya kontrol struktur sehingga menyebabkan terjadinya alterasi argilik, alterasi propilitik dan alterasi silisifikasi.

Mineralisasi Pb-Zn-Au berasosiasi dengan alterasi silisifikasi dan urat-urat kuarsa yang mengandung sfalerit dan galena. Urat-urat kuarsa tersebut memiliki tekstur sisir (*comb*) serta *colloform*. Urat

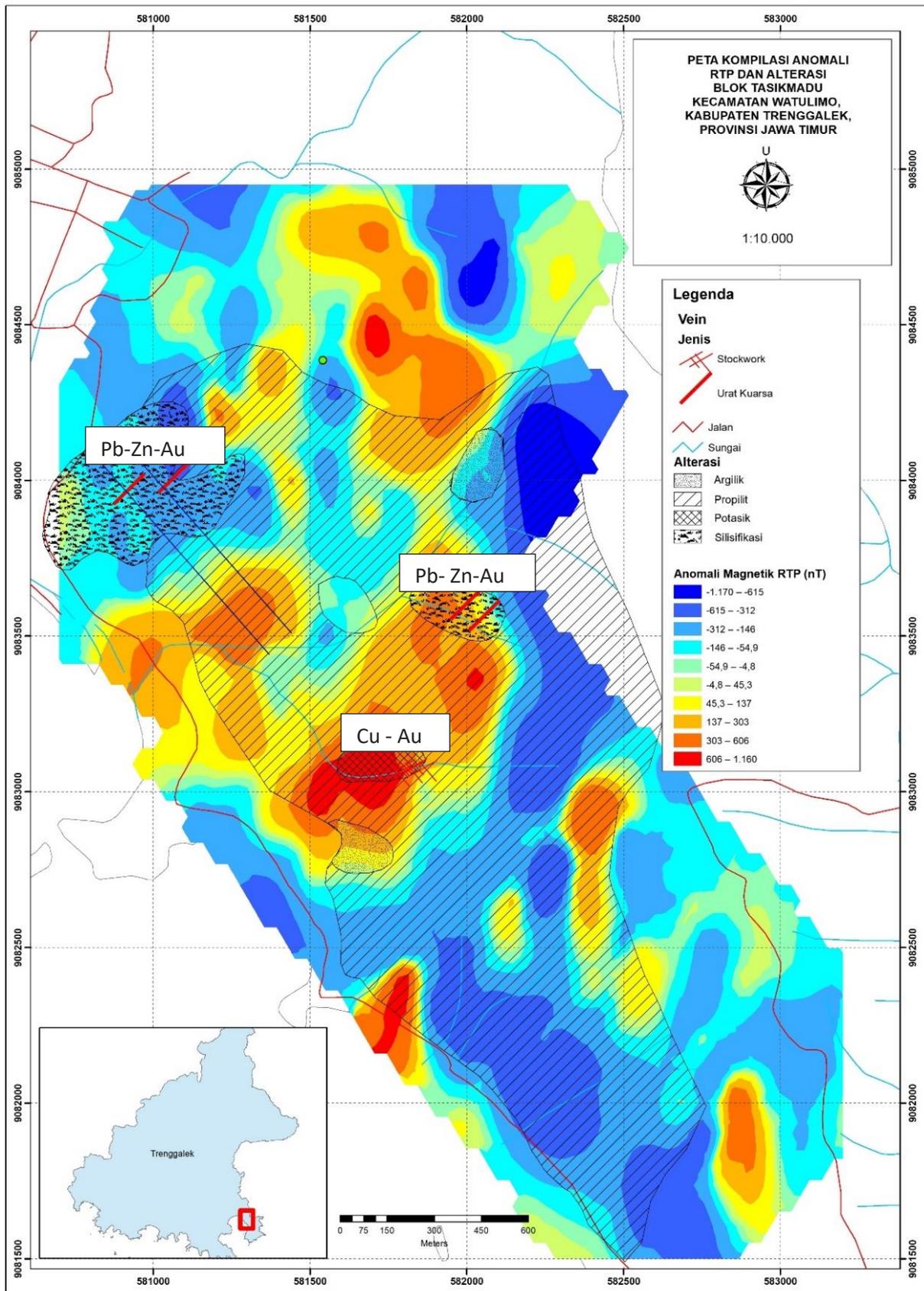
kuarsa dengan tekstur *comb* dan *colloform* merupakan penciri endapan emas urat epitermal (Dong dkk, 1995). Hasil pengamatan dan pengukuran inklusi fluida pada urat-urat kuarsa menunjukkan inklusi fluida dengan salinitas yang relatif rendah (7,53 s.d. 8,89 wt% NaCl eq.) dengan temperatur yang relatif rendah (251° – 354°C). Temperatur dan salinitas yang relatif rendah menunjukkan tipe endapan epitermal (Wilkinson, 2001, Gambar 3). Dengan demikian, mineralisasi Pb-Zn-Au dapat dikategorikan sebagai tipe endapan emas urat epitermal atau transisi antara mesothermal dan hipothermal yang terbentuk setelah tipe endapan porfiri.

Kompilasi antara peta anomali RTP dan alterasi juga menunjukkan korelasi positif terutama untuk zona potasik (magnetit+K Felspar) didukung oleh nilai magnetik tinggi yang ditandai warna merah (Gambar 4). Zona argilik ditandai

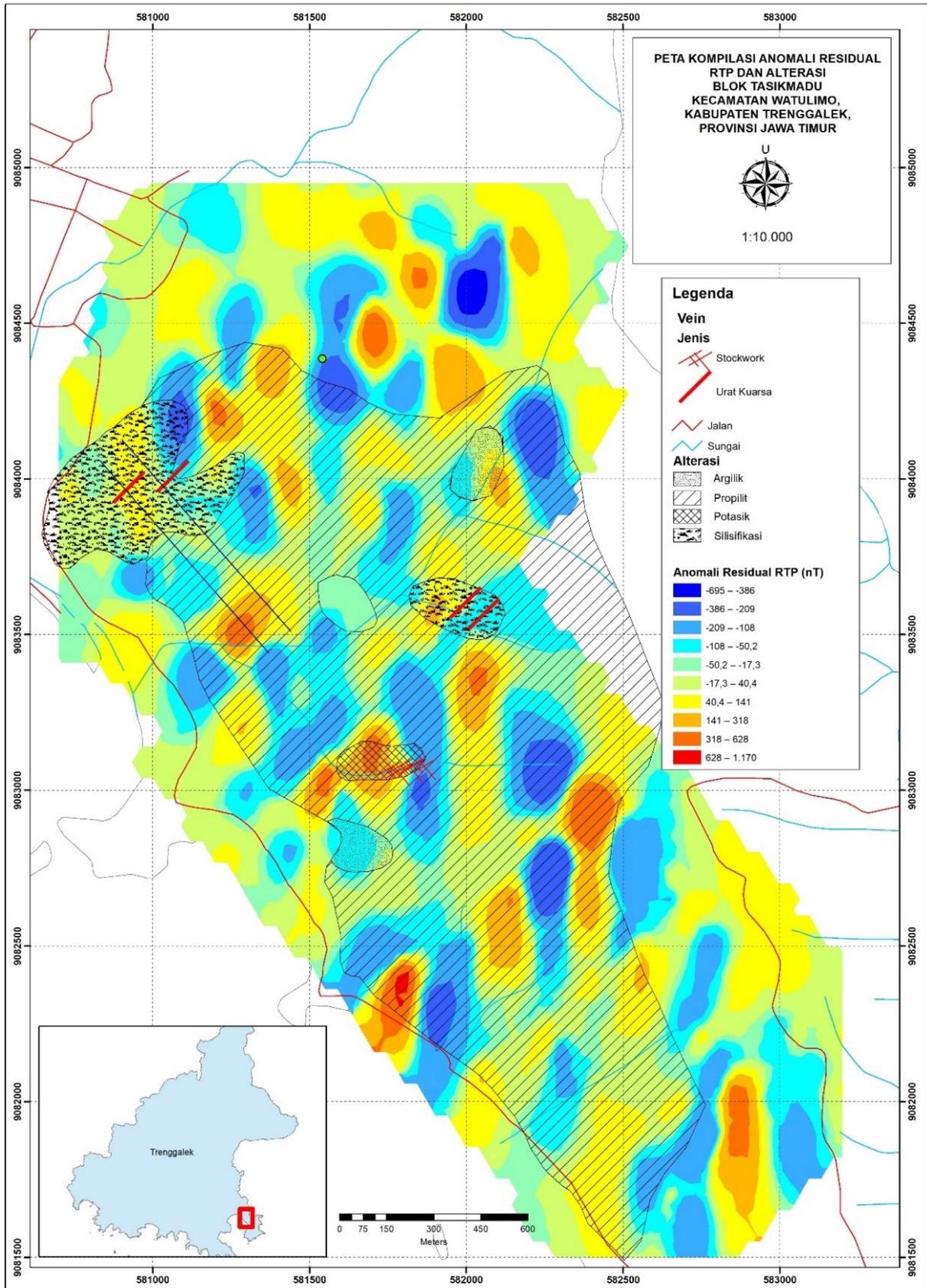
dengan nilai magnetik rendah hingga sedang. Untuk zona propilitik dikaitkan dengan nilai magnetik rendah hingga sedang khususnya yang mengandung mineral magnetit cenderung bernilai magnetik sedang. Selanjutnya kompilasi data dilakukan antara zona alterasi dengan peta anomali RTP residual yang lebih dangkal (Gambar 5). Hasilnya menunjukkan konsistensi terhadap zona potasik yang berasosiasi dengan nilai magnetik tinggi. Zona argilik cenderung ditandai dengan nilai magnetik rendah, sedangkan zona silisifikasi dengan urat kuarsa cenderung memiliki nilai magnetik sedang. Untuk zona propilitik yang areanya cukup luas mencakup nilai magnetik rendah sampai tinggi. Hal tersebut diduga dipengaruhi ada tidaknya kandungan magnetit di dalam zona tersebut.



Gambar 3. Diagram temperatur homogenisasi dan salinitas dengan tipe – tipe endapan emas (Wilkinson, 2001)



Gambar 4. Peta Kompilasi Anomali RTP dan alterasi dan Geokimia Batuan



Gambar 5. Peta Kompilasi Anomali RTP Residual dan Alterasi

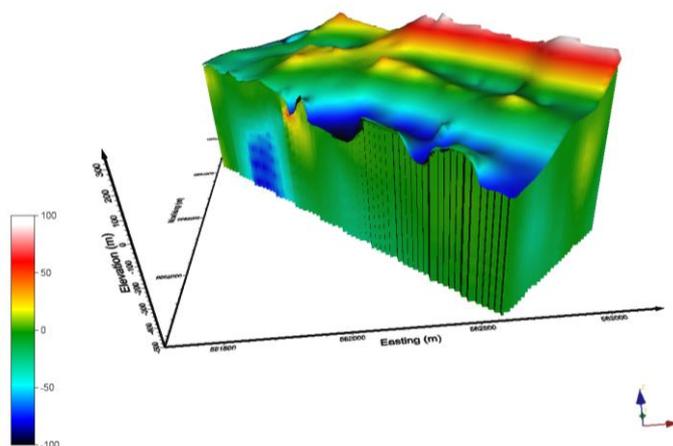
Potensi Endapan Mineral

Potensi utama endapan mineral di wilayah penyelidikan yaitu berupa endapan porfiri yang dicirikan dengan keberadaan alterasi potasik pada batuan intrusi diorit berkrystal halus – sedang. Berdasarkan analisis kimia diketahui zona potasik tersebut memiliki kadar Au 0,7 ppm hingga 4,0 ppm dan kadar Cu 0,3% sampai dengan 1,6 %. Selain endapan porfiri, juga terdapat potensi endapan lainnya berupa urat kuarsa yang diduga kuat merupakan endapan hidrothermal (transisi endapan mesothermal dengan hipothermal atau epithermal?) dengan potensi logam dasar (Pb-Zn) disamping Au. Kadar logam dasar pada urat kuarsa ini yaitu Pb dengan kadar hingga 1,16%, dan Zn dengan kadar hingga 1,75%. Adapun Au pada urat kuarsa ini mempunyai kadar hingga 2,5 ppm.

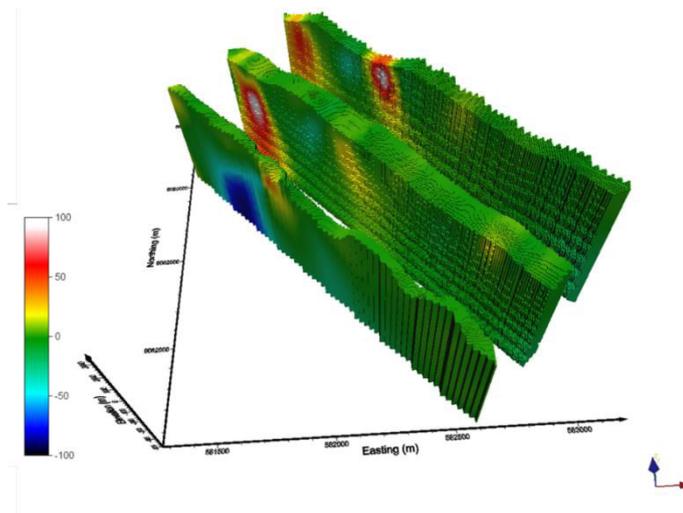
Dimensi bawah permukaan dari potensi endapan dapat diperkirakan berdasarkan pemodelan 3-dimensi data suseptibilitas magnetik tinggi terutama yang berkaitan dengan zona potasik yang

mengandung mineral utama berupa magnetit-K felspar.

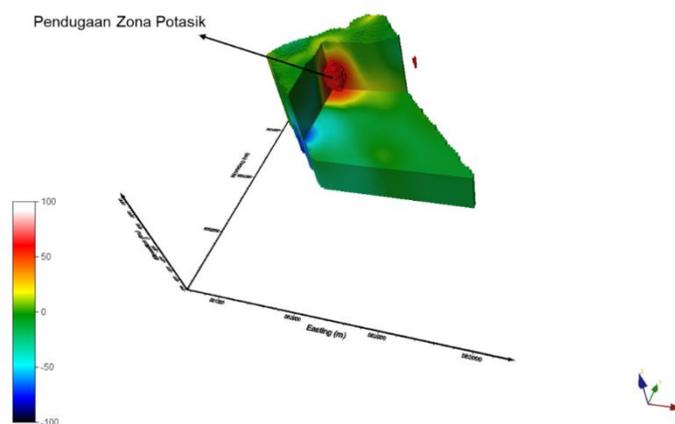
Gambar 6 merupakan hasil interpolasi 3-dimensi data suseptibilitas magnetik yang berasal dari hasil inversi 2-dimensi dari semua lintasan. Dari hasil interpolasi tersebut dapat dilihat korelasi dari lintasan 1, lintasan 3 hingga lintasan 5 berdasarkan nilai suseptibilitasnya yang menunjukkan adanya suseptibilitas tinggi di bagian barat laut lintasan 3 (Gambar 7). Nilai suseptibilitas tersebut diasosiasikan dengan kehadiran zona potasik (magnetit, K felspar) yang ditentukan berdasarkan pengamatan di permukaan secara megaskopis dan hasil petrografi. Selanjutnya nilai suseptibilitas magnetik tinggi dengan rentang 60 CGS 10^{-5} hingga 100 CGS 10^{-5} dipetakan sebagaimana disajikan pada Gambar 8. Zona suseptibilitas tinggi dengan volume sekitar 2.096.655 m³ diinterpretasi sebagai zona potasik yang berperan sebagai zona kunci pada endapan porfiri.



Gambar 6. Pemodelan 3-Dimensi Data Suseptibilitas Magnetik



Gambar 7. Korelasi Lintasan Berdasarkan Sebaran Suseptibilitas



Gambar 8. Pendugaan zona potasik berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik tinggi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Di Daerah penyelidikan terdapat 2 (dua) mineralisasi yang teramati dan terbentuk yaitu mineralisasi Cu-Au dan mineralisasi Pb-Zn-Au. Di Blok Tasikmadu diklasifikasikan sebagai endapan porfiri yang dicirikan dengan hadirnya alterasi potasik (Magnetit+K Felspar) dengan kadar Au 0,7 ppm hingga 4 ppm dan kadar Cu 0,3% sampai dengan 1,6 %. Zona

potasik tersebut didukung dengan adanya sebaran nilai suseptibilitas tinggi dari hasil pemodelan data geomagnet.

Berdasarkan analisis geokimia batuan, ubahan dan mineralisasi serta inklusi fluida, maka untuk mineralisasi Pb-Zn-Au di sungai Bengkerok dan Blok Utara Tasikmadu dengan ciri adanya urat-urat kuarsa yang memiliki tekstur sisir (*comb*) serta *colloform*, diklasifikasikan sebagai endapan emas urat epitermal.

Saran

Untuk mengetahui potensi logam mulia dan logam dasar secara detil, maka diperlukan penyelidikan lanjutan berupa pemetaan rinci geologi, alterasi dan mineralisasi serta survei IP-AMT agar diperoleh data bawah permukaan berupa

nilai *resistivity* dan *chargeability* untuk mengetahui dimensi mineralisasi epitermal dan porfiri. Berikutnya dilanjutkan dengan kegiatan pengeboran untuk mendapatkan data bawah permukaan secara akurat terkait endapan porfiri di daerah penyelidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bodnar, R. J., Burnham, C. W., and Sterner, S. M., 1985, Synthetic Fluid Inclusions in natural quartz: III, Determination of phase equilibrium properties in the system H₂O-NaCl to 1000°C and 1500 bars. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. V, 49, p. 1861 – 1873.
- Ernowo, dkk, 2018, Evaluasi Endapan Porfiri di Indonesia (Uji Petik di Watulimo, Trenggalek, Jawa Timur), Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi. Bandung
- Finlan Adhitya Aldan, Dr.rer.nat. Arifudin Idrus, S.T., M.T., 2019, Alterasi Dan Mineralisasi Epitermal Sulfidasi Tinggi Prospek Gunung Kumbokarno, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, UGM, Yogyakarta. Diunduh Oktober 2021.
- Kresna K, Dr. Arifudin Idrus, S.T., M.T., 2017, Geologi, Alterasi Hidrotermal, Dan Mineralisasi Porfiri Tembaga-Emas Di Daerah Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Propinsi Jawa Timur, UGM, Yogyakarta, diunduh Oktober 2021
- Silitoe, R., H., 2010. Porphyry Copper System. *Economic Geology* v. 105, pp 3-41.
- Telford, W.M., L.P. Geldert, R.E. Sheriff, and D.A. Keys.1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Pres: Cambridge, UK.
- Wahyu Widodo, 2001, Inventarisasi dan Penyelidikan Regional Mineral Logam di wilayah Kab. Pacitan dan Kab. Ponorogo, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, DJGSM-Kerjasama Teknik dengan pemerintah Jepang JICA/MMAJ, DIM-DJGSM, Bandung.

Wahyu Widodo, dkk, 2003, Inventarisasi dan kegiatan eksplorasi mineral logam lanjutan Kerjasama teknik antara DIM – JICA/MMAJ dalam Wilayah Penugasan DJGSM di daerah prospek mineralisasi logam yang ditetapkan berdasarkan hasil eksplorasi pendahuluan tahun 2001 – 2002, mencakup di daerah Purwoharjo (Kab. Malang), daerah Suren Lor (Kab. Trenggalek), daerah Seweden (Kab. Blitar) dan daerah Tempursari (Kab. Lumajang), Prov. Jawa Timur, DIM-Bandung.

Wilkinson, J. J., 2001, Fluid Inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos.* 55, 229-272

PENYELIDIKAN UMUM GEOKIMIA REGIONAL BERSISTEM LEMBAR SERAM A-1 PROVINSI MALUKU

Rifi Sani Nugraha, Reza Mochammad Faisal, John Mauritz, Trisa Mulyana, dan Erdival

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Penyelidikan umum geokimia regional merupakan tahapan pertama dalam kegiatan eksplorasi mineral. Kegiatan penyelidikan umum geokimia regional di Pulau Seram bertujuan untuk menginventarisasi data dalam upaya pengungkapan potensi di wilayah tersebut. Pada tahun 2023 ini, kegiatan dilakukan di sebagian Kecamatan Amahai dan Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Sampel utama yang diambil adalah sedimen sungai. Analisis laboratorium terhadap sampel sedimen sungai dilakukan untuk mengetahui kadar 53 unsur dan senyawa. Data kadar tersebut kemudian diolah untuk menentukan wilayah anomali dari masing-masing unsur dan senyawa. Berdasarkan analisis univariat, terdapat beberapa daerah aliran sungai yang memiliki anomali dari beberapa unsur logam seperti Cu, Pb, Zn dan Fe yang saling berasosiasi. Selain itu, terdapat juga indikasi mineralisasi dengan ditemukannya butiran emas dari enam lokasi pengambilan sampel konsentrat dulang. Berdasarkan hal-hal tersebut, ditentukan wilayah target eksplorasi yang berada disekitar daerah aliran sungai Wai Yala, Wai Lata, Wai Nama dan Wai Namadua.

Kata kunci: geokimia, sedimen sungai, univariat, Amahai, Tehoru, anomali, emas

PENDAHULUAN

Survei geokimia regional merupakan metode awal penyelidikan yang menghasilkan berbagai sebaran unsur di permukaan bumi. Keluaran tersebut dapat dimanfaatkan sebagai tahapan awal dalam eksplorasi mineral. Selain itu, sebaran berbagai unsur juga dapat digunakan untuk bidang lainnya, seperti pertanian, perkebunan, peternakan, perencanaan pembangunan dan penggunaan lainnya. Mengingat banyaknya manfaat tersebut,

maka pengambilan data geokimia regional di seluruh Indonesia sangat perlu dilakukan.

Survei geokimia regional bersistem ini merupakan alih tugas dari Pusat Survei Geologi 2011 sampai 2014 yang dilanjutkan oleh Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun anggaran 2015. Pada tahun 2020, survei geokimia regional dilakukan pada Lembar Morotai A-1. Berdasarkan kajian emas orogenik pada tahun 2021, terdapat indikasi mineralisasi

di sekitar Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Oleh karena itu, urgensi melengkapi data geokimia regional terlebih dahulu dialihkan pada lembar Masohi.

Survei geokimia regional ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran sebaran unsur-unsur geokimia di permukaan bumi pada daerah lokasi (Lembar Seram A-1), yang meliputi jenis unsur dan pola sebarannya, disusun dalam bentuk peta geokimia regional bersistem dengan skala 1 : 250.000. Tujuannya adalah untuk menafsirkan anomali unsur dan deliniasi daerah keprospekan mineral logam.

METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan pada kegiatan penyelidikan ini secara umum terdiri dari persiapan, kegiatan lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data. Persiapan dimaksudkan untuk menginventarisasi data-data penyelidikan sebelumnya yang terkait dengan kegiatan yang akan dilakukan. Kegiatan lapangan merupakan pelaksanaan pengumpulan data primer dengan metode sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel sedimen sungai aktif -80#, sebanyak ± 200 gram berat kering dengan kerapatan $\pm 10 \text{ km}^2$ setiap sampel (Gambar 2.1). Pada daerah seluas sekitar $\pm 1000 \text{ km}^2$, terkumpul 113 sampel sedimen sungai aktif.
2. Pendulangan endapan sungai sebanyak 2×10 liter untuk mendapatkan konsentrat (Gambar 2.2), terkumpul 108 sampel konsentrat.
3. Pengambilan batuan dan atau *float* secara *grab sampling* dan *chip sampling* dilakukan di daerah-daerah indikasi mineralisasi.

Terdapat 108 titik pengambilan sampel sedimen sungai dan konsentrat dulang di lokasi penyelidikan (Gambar 1).

Sampel-sampel batuan terpilih dari lapangan dianalisis di laboratorium dengan metoda analisis kimia dan analisis fisika. Unsur dan senyawa yang dianalisis pada sampel sedimen sungai aktif adalah : Cu, Pb, Zn, Ag, Fe, Mn, Cd, Li, K, Co, Ni, Cr, Bi, Na, Au, As, Sb, Sn, V, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Er, Tm, Yb, Lu, Sc, Zr, Nb, Ta, Mo, W, Rb, Sr, Ba, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 dan MnO (Tabel 2.1).

Analisis univariat dilakukan untuk mengetahui nilai anomali dari sebaran data dari kadar masing-masing unsur/senyawa. Penentuan anomali pada sampel endapan sungai aktif dihitung berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi. Kelompok data dibagi menjadi empat kelas, yaitu:

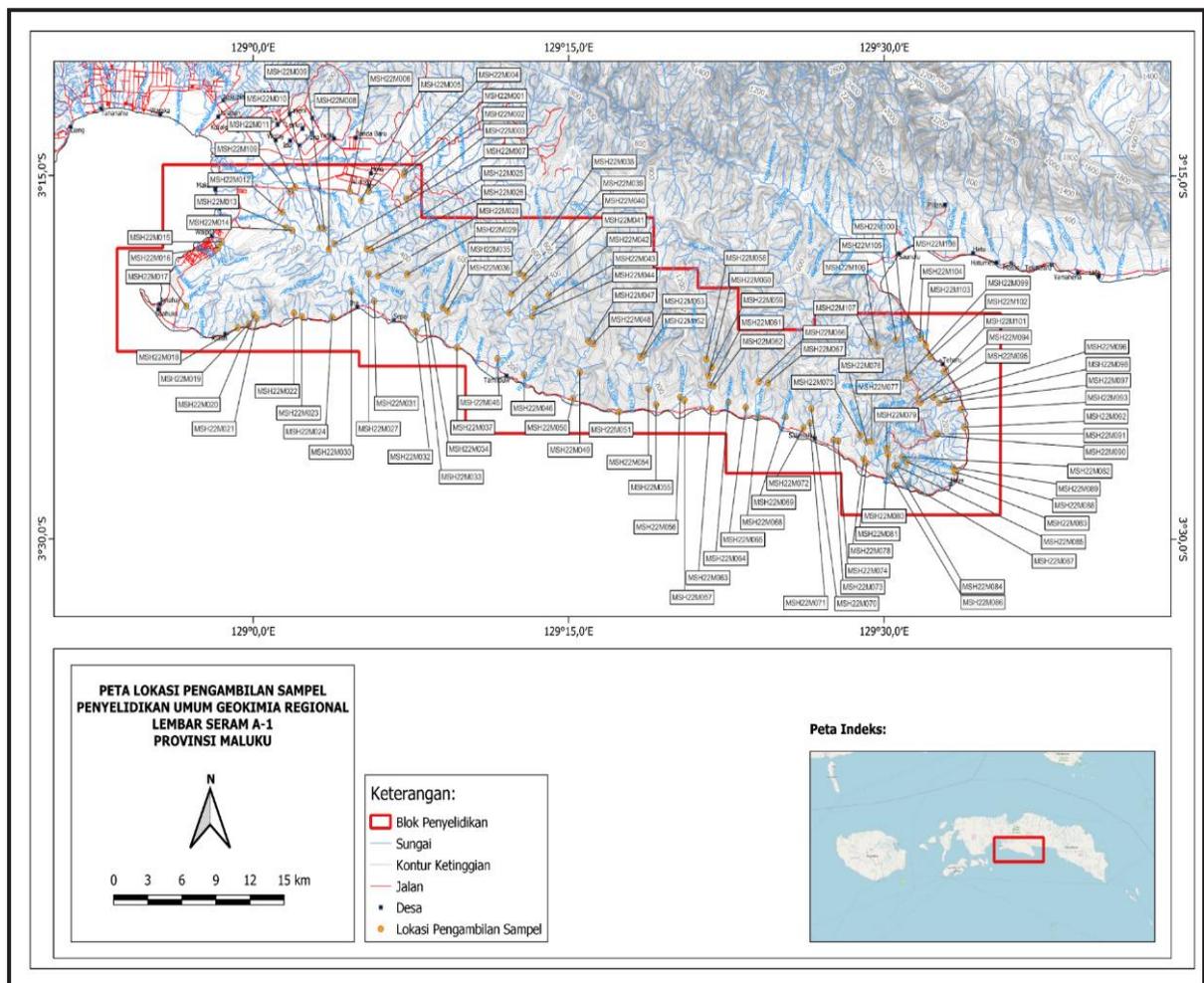
- Kelas I : nilai minimum sampai dengan nilai rata-rata
- Kelas II : nilai rata-rata sampai dengan nilai rata-rata ditambah standar deviasi

- Kelas III : nilai rata-rata ditambah standar deviasi sampai dengan nilai rata-rata ditambah dua kali standar deviasi
- Kelas IV : nilai yang lebih besar dari nilai rata-rata ditambah dua kali standar deviasi

Nilai yang termasuk pada Kelas III dan Kelas IV dianggap sebagai nilai anomali positif. Kelas III merupakan kelompok data dengan anomali lemah sementara Kelas IV

merupakan kelompok data dengan anomali kuat.

Sebelum dilakukan klasifikasi, data terlebih dahulu dipastikan terdistribusi secara normal. Metode yang dilakukan untuk menjadikan data terdistribusi secara normal diantaranya dengan menghilangkan nilai outlier dan atau mentransformasikan data dalam bentuk logaritma



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Endapan Sungai dan Konsentrat Dulang

Tabel 1. Unsur dan senyawa yang dianalisis dari sampel sedimen sungai

No	Unsur/Senyawa	Metode
1	Cu, Pb, Zn, Ag, Fe, Mn, Cd, Li, K, Co, Ni, Cr, Bi, Na, Au	AAS
2	As, Sb, Sn, V	Kolorimetri
3	La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Er, Tm, Yb, Lu, Sc, Zr, Nb, Ta	ICP-OES
5	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, TiO ₂ , P ₂ O ₅ , MnO	XRF
6	Mo, W, Rb, Sr, Ba	XRF Pro-trace

GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan indeks peta geologi regional, lokasi penyelidikan terletak pada Peta Geologi Lembar Masohi (S. Tjokrosaputro, dr., 1993) (Gambar 2). Secara regional terdapat tiga formasi di Lokasi Penyelidikan, yaitu Kompleks Tehoru (PTRt), Batugamping Koral (QI) dan Alluvium (Qa).

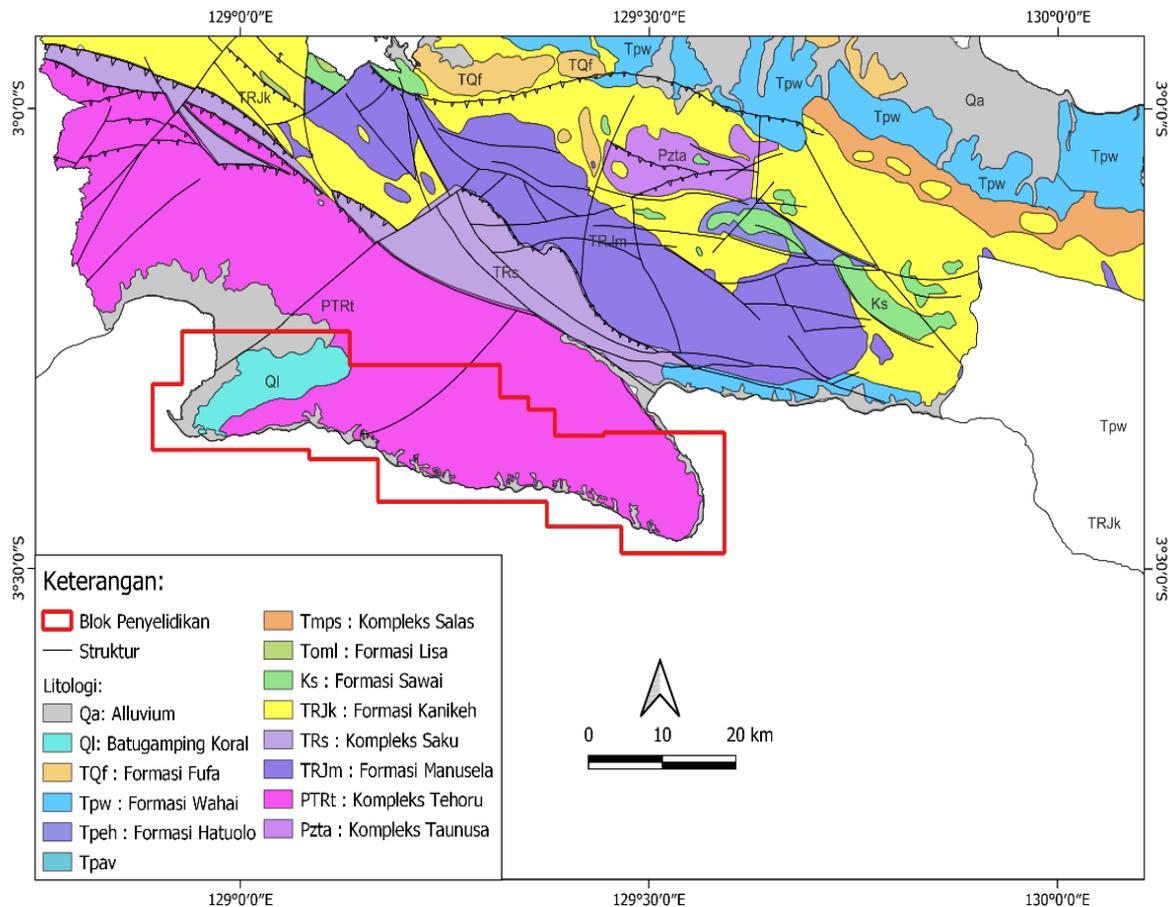
Berdasarkan pengamatan di lapangan terdapat beberapa karakteristik yang dapat dibedakan dari ketiga satuan tersebut.

Kompleks Tehoru secara umum disusun oleh filit, sekis dan genes dengan setempat terdapat sisipan kuarsit. Secara megaskopis, batuan pada satuan ini berwarna abu-abu dengan kilap mika bertekstur lepidoblastik, foliasi dengan orientasi kurang lebih berarah N124°E/44°SE. Perbedaan secara megaskopis dari filit, sekis dan genes teridentifikasi dari tingkat kejelasan foliasai dan kuantitas mika yang terdapat pada batuan. Sementara itu, kuarsit pada satuan ini berwarna putih cenderung masif dengan tebal bervariasi antara 1 mm – 20 cm, umumnya searah dengan foliasi dari filit.

Satuan ini menempati bagian timur daerah penyelidikan dengan luas 73 % dari daerah penyelidikan. Secara regional, satuan ini berumur Perm-Trias.

Satuan Batugamping secara umum disusun oleh Batugamping Terumbu dan Batugamping Klastik. Secara megaskopis, Batugamping Terumbu pada satuan ini berwarna putih dengan memperlihatkan bentuk terumbu. Sementara itu, Batugamping Klastik berwarna abu-abu terang, tersusun atas mineral karbonat berukuran pasir dengan orientasi perlapisan sekitar N210°E/28°NW. Satuan ini menempati bagian barat daerah penyelidikan dengan luas 13% dari daerah penyelidikan. Secara regional, satuan ini dapat berumur Plistosen-Holosen.

Satuan Aluvial terdapat di pesisir pantai dan bantaran sungai. Aluvial terdiri dari pecahan filit, batu sabak, kuarsit dan batugamping dengan ukuran dari pasir-bongkah. Satuan ini menempati bagian pesisir daerah penyelidikan dengan luas sekitar 14 % dari daerah penyelidikan.



Gambar 2. Peta Geologi Regional Maluku Tengah (Modifikasi dari S. Tjokrosaputro dkk., 1993)

HASIL

Hasil analisis laboratorium dilakukan terhadap semua sampel sedimen sungai dan konsentrat dulang. Kadar unsur dari sedimen sungai dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Analisis mineralogi butir dilakukan terhadap 108 sampel konsentrat dulang untuk mengetahui kandungan mineral berat pada endapan sungai. Secara umum, mineral yang teridentifikasi dalam jumlah yang signifikan diantaranya adalah garnet, ilmenit, amfibol dan fragmen sekis. Selain itu, terdapat juga beberapa mineral yang

teridentifikasi dalam jumlah kecil, diantaranya adalah magnetit, zirkon, oksida besi, pirit oksida, sinabar, rutil dan siderit. Hasil lengkap dari analisis mineralogi butir terdapat pada Lampiran III Butiran emas teridentifikasi pada enam lokasi (Tabel 6).

Berdasarkan analisis statistik, terdapat delapan data unsur yang tidak dapat dilakukan perhitungan nilai anomalnya, yaitu data Ag, Cd, Au, As, Sb, Sn, Lu dan Ta. Salah satu penyebab data-data tersebut tidak terdistribusi secara normal adalah terlalu banyaknya nilai yang dibawah batas deteksi alat.

Tabel 2. Statistik deskriptif hasil analisis AAS

No.	Unsur	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	SDEV
1	Cu	ppm	7,00	45,00	26,81	28,00	8,68
2	Pb	ppm	14,00	520,00	38,27	32,50	50,13
3	Zn	ppm	42,00	268,00	94,31	96,50	27,02
4	Ag	ppm	1,00	7,00	1,97	2,00	1,30
5	Fe	%	1,59	6,75	3,26	3,31	0,74
6	Mn	ppm	388,00	2637,00	857,61	775,50	324,37
7	Cd	ppm	1,00	2,00	1,42	1,00	0,49
8	Li	ppm	7,00	48,00	16,31	16,00	5,47
9	K	%	0,58	4,62	1,55	1,58	0,55
10	Co	ppm	2,00	51,00	29,00	29,00	6,16
11	Ni	ppm	15,00	435,00	37,45	29,00	48,46
12	Cr	ppm	18,00	554,00	52,63	41,00	63,02
13	Bi	ppm	9,00	58,00	30,94	31,00	11,38
14	Na	ppm	2471,00	10100,00	4925,83	4649,00	1335,71
15	Au	ppb	9,00	130,00	27,45	21,00	33,14

Tabel 3. Statistik deskriptif hasil analisis kolorimetri

No.	Unsur	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	SDEV
1	As	ppm	2,00	28,00	9,17	8,00	8,12
2	Sb	ppm	2,00	7,00	2,14	2,00	0,82
3	V	ppm	25,00	75,00	40,56	50,00	13,73

Tabel 4. Statistik deskriptif hasil analisis XRF

No.	Unsur	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	SDEV
1	SiO ₂	%	40,77	74,20	61,44	60,94	4,59
2	Al ₂ O ₃	%	9,84	21,92	18,36	19,30	2,71
3	Fe ₂ O ₃	%	4,30	10,07	7,08	7,24	1,09
4	MgO	%	0,71	5,49	1,44	1,41	0,63
5	CaO	%	0,12	19,08	1,19	0,38	2,73
6	Na ₂ O	%	0,36	1,73	0,72	0,72	0,18

No.	Unsur	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	SDEV
7	K ₂ O	%	1,23	4,17	3,26	3,41	0,62
8	TiO ₂	%	0,72	2,90	1,41	1,34	0,42
9	P ₂ O ₅	%	0,14	0,38	0,31	0,32	0,05
10	MnO	%	0,05	0,23	0,11	0,11	0,03
11	Mo	ppm	14,00	44,00	19,94	18,00	4,96
12	W	ppm	1,41	36,00	8,68	6,00	7,60
13	Rb	ppm	45,00	168,00	121,83	130,00	31,04
14	Sr	ppm	29,03	122,12	51,62	48,80	16,24
15	Ba	ppm	70,84	284,24	171,08	173,25	45,82

Tabel 5. Statistik deskriptif hasil analisis ICP-OES

No.	Unsur	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Median	SDEV
1	La	ppm	14,92	44,46	27,94	27,92	6,25
2	Ce	ppm	29,22	94,61	60,35	61,89	14,21
3	Pr	ppm	1,79	25,42	5,22	4,59	2,94
4	Nd	ppm	15,39	41,77	28,89	29,53	5,97
5	Sm	ppm	1,60	7,93	4,84	4,88	1,29
6	Eu	ppm	0,24	1,73	1,00	0,99	0,26
7	Gd	ppm	1,41	9,69	3,63	3,43	1,37
8	Tb	ppm	0,09	2,88	1,27	1,21	0,59
9	Dy	ppm	3,60	10,23	5,57	5,43	1,18
10	Ho	ppm	0,12	2,42	0,97	0,91	0,38
11	Y	ppm	11,47	59,53	20,78	18,64	7,94
12	Er	ppm	3,26	6,71	4,09	4,01	0,54
13	Tm	ppm	0,76	1,07	0,84	0,83	0,05
14	Yb	ppm	6,90	35,79	12,49	11,21	4,77
15	Lu	ppm	0,15	7,37	2,05	1,32	2,05
16	Sc	ppm	6,39	28,69	14,13	14,32	3,08
17	Zr	ppm	52,65	220,79	124,85	116,33	36,54
18	Nb	ppm	6,69	32,26	16,03	15,12	5,75
19	Ta	ppm	0,08	6,35	1,72	1,40	1,44

Tabel 6. Daftar sampel konsentrat dulang yang terdapat butiran emas

No.	Kode Sampel	Deskripsi Butiran Emas
1	MSH22M042PC	1VCC, 2MC
2	MSH22M046PC	6VFC, 6FC, 6MC, 1CC, 1VCC
3	MSH22M061PC	1MC
4	MSH22M062PC	4VFC, 2FC, 1CC, 1VCC
5	MSH22M064PC	1MC
6	MSH22M066PC	2FC, 1VCC

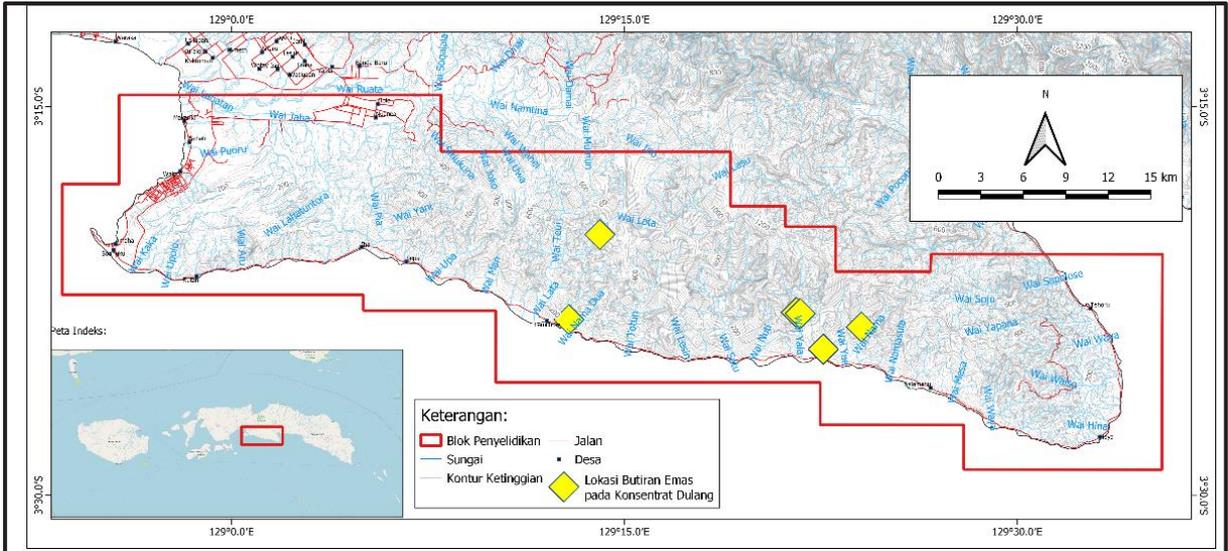
PEMBAHASAN

Sebagian besar unsur/senyawa memiliki anomali positif pada Komplek Tehoru, yaitu Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Li, K, Co, Ni, V, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Rb, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Er, Sc, Zr dan Nb. Sementara itu SiO₂ dan CaO berasosiasi dengan batugamping. Selain unsur dan senyawa tersebut, anomali positif tersebar merata baik pada Komplek Tehoru maupun pada Batugamping.

Indikasi mineralisasi di daerah penyelidikan ditunjukkan dari pengamatan konsentrat dulang dan singkapan batuan. Butiran emas teramati pada konsentrat dulang di beberapa titik pengambilan sampel (Gambar 3). Ukuran butir emas bervariasi dari ukuran sangat halus sampai kasar dengan bentuk membulat - menjarum. Frekuensi emas pada konsentrat dulang paling banyak ditemukan pada aliran sungai Nama Sula - Tamilouw.

Beberapa singkapan batuan menunjukkan alterasi. Pada lokasi MSH22M102 teramati adanya alterasi argilik - silifikasi (Gambar 4). Berdasarkan analisis XRD, mineral lempung teridentifikasi berupa *illite* dan *albite*. Mineral sulfida yang teramati pada lokasi tersebut adalah pirit yang menyebar secara *spotted* dengan ukuran butiran 0,5 - 1 mm. Batuan yang berubah adalah filit. Hal ini teridentifikasi dari tekstur foliasi yang masih terlihat.

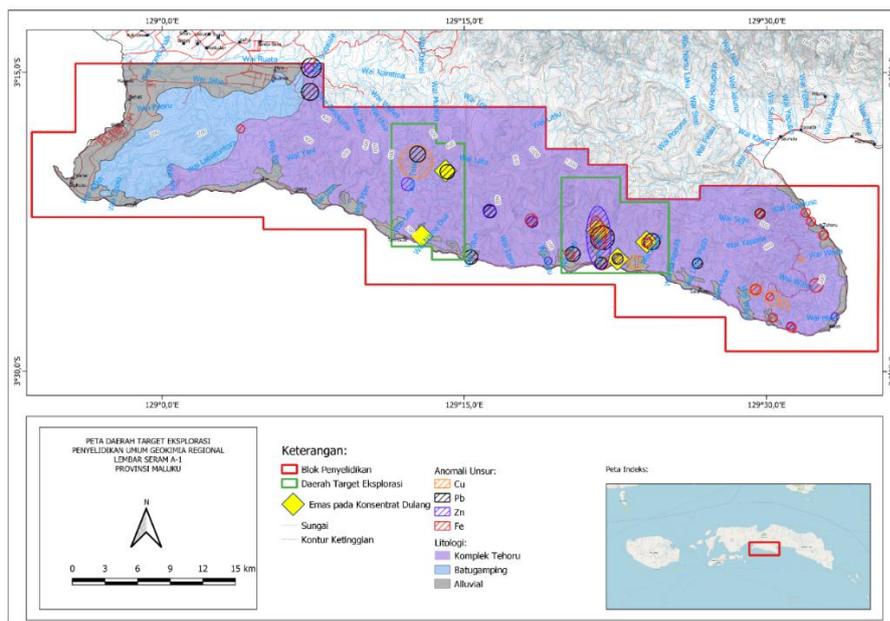
Berdasarkan indikasi mineralisasi, keterdapatannya butiran emas serta beberapa anomali positif dari logam dasar (Cu, Pb, Zn dan Fe), maka diinterpretasikan dua blok target eksplorasi untuk ditindaklanjuti. Kedua blok tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Lokasi tersebut berada disekitar daerah aliran sungai Wai Yala, Wai Lata, Wai Nama dan Wai Namadua.



Gambar 3. Peta lokasi keterdapat emas pada konsentrat dulang



Gambar 4. Singkapan dan sampel batuan di lokasi MSH22M102 yang menunjukkan alterasi argilik-silisifikasi



Gambar 5. Peta wilayah target eksplorasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Keterdapatan butiran emas pada sampel konsentrat dulang serta batuan yang teralterasi pada daerah penyelidikan mengindikasikan adanya mineralisasi emas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyelidikan lanjutan pada lokasi ditemukannya butiran emas serta memiliki

anomali positif dari beberapa unsur logam dasar (Cu, Pb, Zn dan Fe) disekitar daerah aliran sungai Wai Yala, Wai Lata, Wai Nama dan Wai Namadua. Untuk melengkapi data geokimia regional, perlu dilakukan kegiatan lanjutan geokimia regional Lembar Seram A-2 di Pulau Seram.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlile, J.C and Mitchell, A.H.G. 1994. *Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia*. Journal of Geochemical Exploration 50. Elsevier, hal. 91-142.
- Carranza, E.J.M., 2009. *Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS*. Elsevier, Amsterdam.
- Ernowo, Wahyu W., Bambang P., Agata V., 2022. *Potensi Mineralisasi Emas Tipe Orogenik*, Buku 1: Kelompok Kerja Mineral. PSDMBP. hal 197 – 209.
- Faisal, R.M., Reza M.D., Wawan S., Hartaja M.H.W., Agus S., 2016. *Laporan Akhir Inventarisasi dan Penyelidikan Zona Potensi Pertambangan dan Mineral Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku*. Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku dan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.
- Gaboury, D. 2019. *Parameters for the formation of orogenic gold deposits*. Applied Earth Science, 128(3), 124-133.
- Hall R., Wilson M.E.J., 2000; *Neogene sutures in eastern Indonesia*, Journal of Asian Earth Sciences 18 (2000) 781–808.
- Tjokrosapoetro, S., A. Achdan, K. Suwitodirdjo, E. Rusmana, H. Z. Abidin. 1993. *Peta Geologi Lembar Masohi, Maluku, Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Verbovšek, Timotej. 2011. *A comparison of parameters below the limit of detection in geochemical analyses by substitution method*. RMZ – Materials and Geoenvironment, 58(4), 393-404.

PENYELIDIKAN UMUM GRAFIT DI KABUPATEN KOLAKA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Reza Marza D., Wawan Setiyawan, Erwin Rosdiana dan Andi Haeriah
Kelompok Kerja Mineral
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Berdasarkan kajian tim PSDMBP tahun 2017, tim mendapatkan beberapa conto batuan yang diduga merupakan batuan pembawa mineral grafit (batuan grafitik) di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. tim tersebut mengidentifikasi kehadiran mineral grafit pada batuan sekis. Batuan malihan tersebut ditemui di kecamatan Samaturu dan Latambaga, Kabupaten Kolaka. Secara umum geologi regional daerah penyelidikan terdiri dari batuan malihan, batuan sedimen, dan endapan permukaan. Formasi geologi minatan yang memiliki kemungkinan keterdapatan mineral grafit di Pulau Sulawesi yaitu Kompleks Mekongga (Pzm), berumur Karbon-Perem. Formasi geologi tersebut terdiri dari sekis, genes dan kuarsit. Kegiatan pengukuran dan pengamatan batuan dilakukan pada saat di lapangan. Analisis laboratorium diperlukan untuk mengetahui karakteristik mikroskopis batuan. Analisis laboratorium seperti X-Ray Fluorescent (XRF), Petrografi, X-Ray Diffraction (XRD), dan Raman Spectroscopy dilakukan dalam kegiatan penyelidikan umum ini. XRF digunakan untuk mengetahui komposisi kandungan senyawa kimia utama (major element) pada kondisi bulk batuan. Pengamatan petrografi pada sayatan tipis digunakan untuk mengetahui komposisi mineral penyusun batuan, serta XRD dengan menggunakan sampel bubuk. Sedangkan Raman spectroscopy, digunakan untuk mengidentifikasi mineral secara kualitatif.

Dari hasil penyelidikan, terdapat dua blok penyelidikan, yaitu blok penyelidikan Malaha dan Balandete. Satuan geologi di daerah penyelidikan terdiri dari satuan sekis dan aluvium. Komposisi mineral pada satuan sekis ini, berdasarkan analisis petrografi ialah mineral muskovit, kuarsa, grafit, klorit dan opak/oksida besi. Berdasarkan hasil analisis XRF, komposisi kimia batuan dari satuan sekis ini memiliki 3 senyawa oksida utama, yaitu SiO_2 , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Komposisi SiO_2 pada satuan sekis ini kurang lebih memiliki nilai kisaran 50-70%. Kemudian senyawa Al_2O_3 memiliki rentang nilai sebesar 15-30%, diikuti oleh Fe_2O_3 dengan rentang nilai 5-10%. Pada pengamatan mikroskopis, identifikasi mineral grafit didasarkan pada analisis Raman Spektroskopi dan X-Ray Diffraction (XRD). Pada pengamatan Raman Spektroskopi, G band muncul dengan baik. Berdasarkan pengamatan XRD, identifikasi mineral grafit 2H dan 3R juga teridentifikasi.

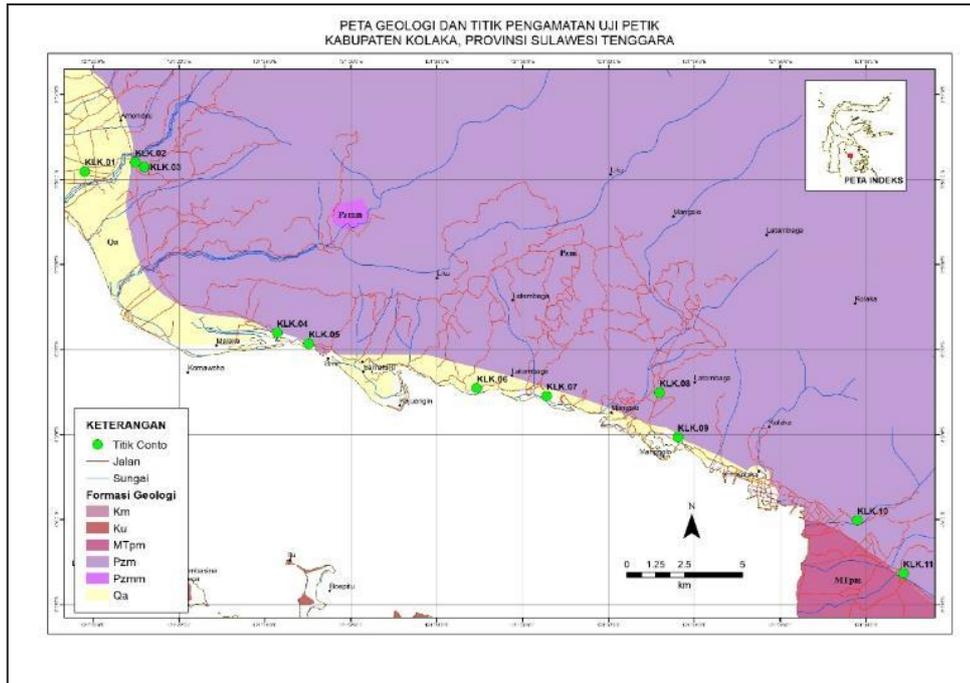
Blok Malaha memiliki luas blok sekitar 14 km x 10 km, dengan sebaran satuan sekis 117,29 km², blok ini berada di arah Baratlaut dari kota Kolaka. Sedangkan blok Balandete memiliki luas blok sekitar 5 km x 5 km, dengan sebaran satuan sekis 29 km². Blok Balandete berada di Utara kota Kolaka. Berdasarkan hal tersebut, didapatkan nilai volume satuan sekis pada blok Malaha senilai 328.409.048 m³, kemudian blok Balandete senilai 81.213.198 m³.

Kata kunci: Grafit, Kolaka, Sulawesi Tenggara

PENDAHULUAN

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) sempat melakukan kajian keprospekan mineral grafit di pulau Kalimantan dan Sulawesi di tahun 2017. Berdasarkan kajian tim tersebut, tim mendapatkan beberapa conto batuan yang diduga merupakan batuan pembawa mineral grafit (batuan grafitik) di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Berdasarkan laporan keprospekan mineral grafit di Pulau Kalimantan dan Sulawesi (PSDMBP.2017), tim tersebut mengidentifikasi kehadiran mineral grafit pada batuan sekis. Batuan malihan tersebut ditemui di kecamatan Samaturu dan Latambaga, Kabupaten Kolaka. Secara geologi regional, batuan sekis tersebut berada pada formasi Kompleks Mekongga (Pzm) berumur Paleozoikum. Sekis tersebut pada umumnya memiliki warna segar abu kehitaman, berlembar, mikaan, mudah hancur dan memiliki urat kuarsit dengan bukaan sebesar 1-2 mm.

Bagian Timur Sulawesi disusun oleh batuan asal samudra (kepingan samudra) dan benua (kepingan benua), yang kemudian ditutupi oleh Molasa Sulawesi. Batuan asal benua diduga merupakan kepingan benua yang terpisah dari pinggir utara Australia. Kepingan benua yang mempunyai berbagai ukuran ini tersebar mulai ujung timur Lengan Timur Sulawesi sampai P. Buton. Dua kepingan benua terbesar adalah Kepingan Benua Banggai-Sula di Lengan Timur dan Kepingan Benua Sulawesi Tenggara di Lengan Tenggara Sulawesi. Batuan tertua di kedua kepingan benua ini adalah batuan malihan berumur Karbon Akhir, yang ditindih takselaras oleh batuan gunungapi dan diterobos oleh batuan granitan. Kedua batuan itu berumur sama Trias Tengah–Trias Akhir. Ketiga jenis batuan itu menjadi batuan alas bagi batuan sedimen yang diendapkan kemudian, berturut-turut sedimen klastika (Trias-Jura) dan karbonat (Kapur). Batuan sedimen yang didominasi karbonat Eosen-Oligosen, menumpang takselaras di atas batuan Mesozoikum tersebut.



Gambar 1. Peta geologi dan titik pengamatan hasil kegiatan uji petik di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara (PSDMBP. 2017)



Gambar 2. Pengambilan data primer (*rock sampling*) hasil pengamatan dan pengukuran batuan di lapangan

Berdasarkan Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar Kolaka (T.O.Simandjuntak, dkk, 1993), secara umum geologi regional daerah penyelidikan terdiri dari batuan malihan, batuan sedimen, dan endapan permukaan.

Berdasarkan studi pustaka, formasi geologi minatan yang memiliki kemungkinan keterdapatn mineral grafit di Pulau Sulawesi yaitu Kompleks Mekongga (Pzm), berumur Karbon-Perem. Formasi geologi tersebut terdiri dari sekis, genes dan kuarsit.

METODOLOGI

Data primer yang dicakup dalam kegiatan prospeksi grafit ini ialah pengamatan dan pengukuran parameter geologi terhadap singkapan batuan dan endapan di daerah penyelidikan. Dalam cakupan penyelidikan ini, parameter geologi yang diamati ialah jenis batuan, jenis mineral, ketebalan endapan dan bentuk endapan.

Kegiatan pengukuran dan pengamatan batuan dilakukan pada saat di lapangan. Analisis laboratorium diperlukan untuk mengetahui karakteristik mikroskopis batuan. Analisis laboratorium seperti X-Ray Fluorescent (XRF), Petrografi, X-Ray Diffraction (XRD), dan Raman Spectroscopy dilakukan dalam kegiatan penyelidikan umum ini. XRF digunakan untuk mengetahui komposisi kandungan senyawa kimia utama (*major element*) pada kondisi bulk batuan. Pengamatan petrografi pada sayatan tipis digunakan untuk mengetahui komposisi mineral penyusun batuan, serta XRD dengan menggunakan sampel bubuk. Sedangkan Raman spectroscopy, digunakan untuk mengidentifikasi mineral secara kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

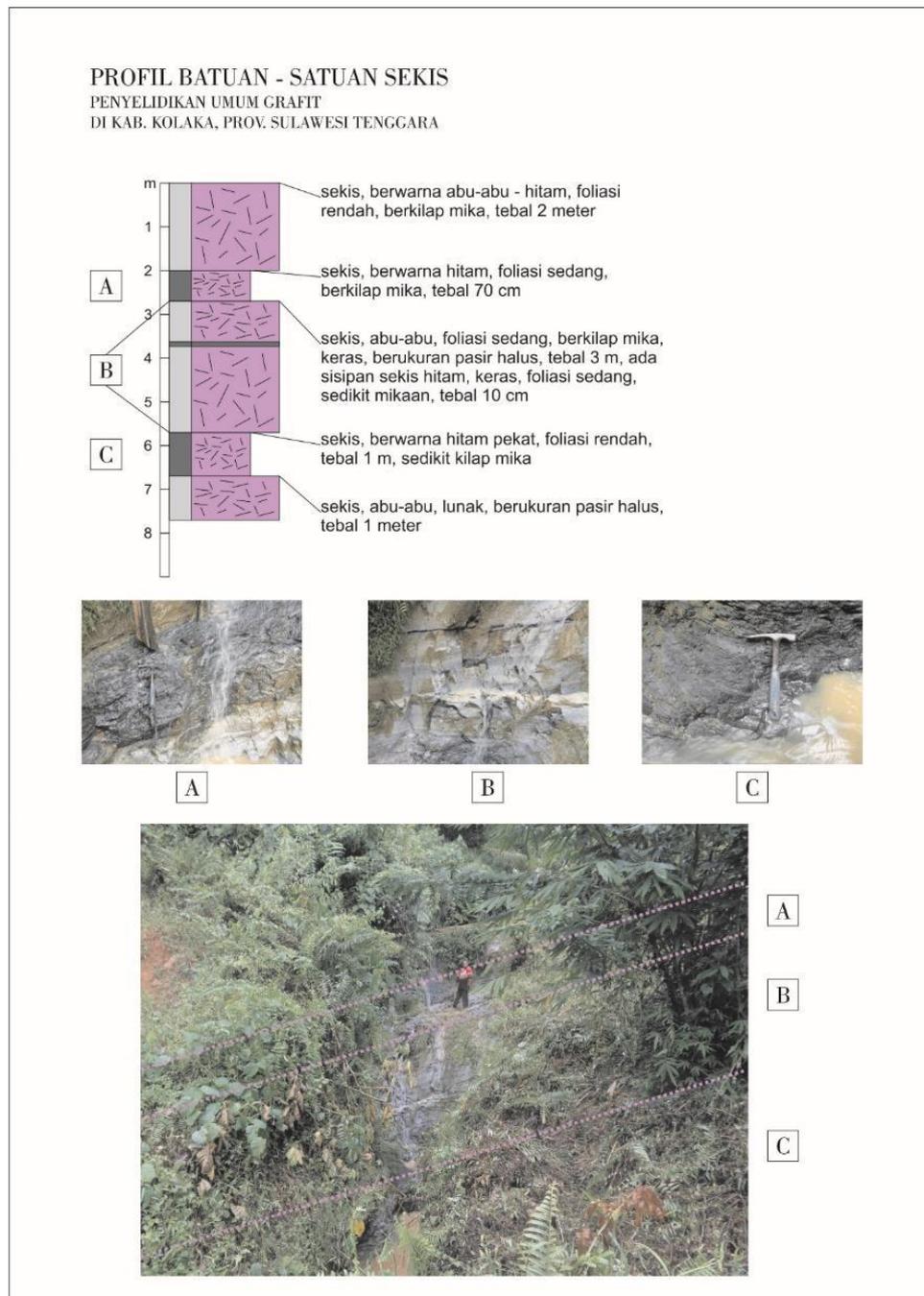
Kondisi geologi daerah penyelidikan secara umum tersusun oleh batuan metamorf. Batuan metamorf yang ditemui ialah batuan malihan berjenis sekis. Sekis tersebut merupakan sekis dengan

protolith batuan sedimen, hal itu terlihat dari kenampakan penebalan serta penipisan lapisan batuan yang merupakan fitur dari pengendapan batuan sedimen. Sekis tersebut mudah dijumpai pada sepanjang perbukitan di kecamatan Kolaka, Latambaga dan Samaturu, memanjang Barat-Timur dari kota Kolaka. Dari hasil penyelidikan, terdapat dua blok penyelidikan, yaitu blok penyelidikan Malaha dan Balandete.

Kondisi geologi di kedua blok daerah penyelidikan tersusun oleh satuan sekis. Berdasarkan hasil pengamatan dari lintasan penyelidikan, batuan serta lapukan sekis dominan menyusun daerah ini. Maka dari itu, satuan sekis merupakan satuan geologi pada daerah ini. Satuan sekis yang dijumpai umumnya memiliki warna abu-abu, hitam, dijumpai dalam bentuk perlapisan. Selain itu, satuan sekis ini memiliki tekstur berupa foliasi dengan tingkat rendah-tinggi, kadang ditemui batuan yang masif, kristalan halus, namun sering juga ditemukan kehadiran mika halus maupun mika yang berlembar dan memiliki kilap metalik. Kehadiran mika tersebut biasanya dijumpai pada batuan sekis yang berwarna abu-abu ataupun jingga (oranye). Pada batuan sekis yang hitam, kehadiran mineral mika cenderung jarang dijumpai. Pada sekis hitam, umumnya memiliki tekstur kilap sabun (*greasy*), dan sering dijumpai nodul kuarsit pada lapisannya.

Tabel 1. Jenis analisis laboratorium penyelidikan umum grafit di kab. Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara

NO	JENIS ANALISIS	JUMLAH SAMPEL	KETERANGAN
1	Kimia Major (XRF)	96	Laboratorium Internal (PSDMBP)
2	Petrografi	10	
3	Raman Spectroscopy	22	Laboratorium Eksternal
4	XRD	10	



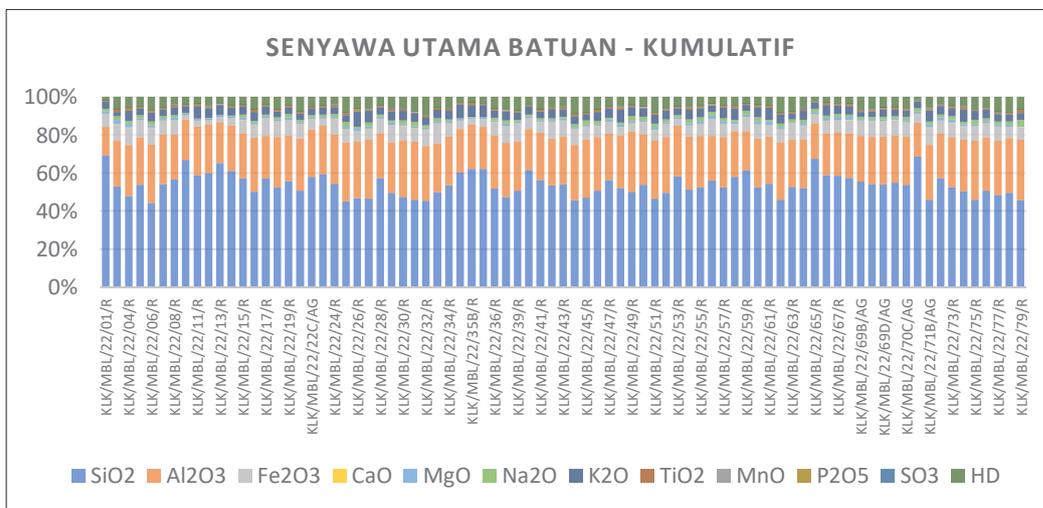
Gambar 3. Profil batuan satuan sekis di blok penyelidikan

Pada pengamatan sayatan tipis, satuan sekis di daerah penyelidikan memiliki struktur *schistose-milonitik*. Secara umum struktur *schistose* lebih umum dijumpai dibandingkan *milonitik*. Struktur milonit banyak dijumpai pada percontaan batuan di morfologi curam-terjal, khususnya dekat dengan gawir di sepanjang sungai Amorini. Tekstur yang dimiliki di satuan sekis ini umumnya ialah tekstur porfiroblastik, nematoblastik dan hipidioblastik. Komposisi mineral pada satuan sekis ini, berdasarkan analisis petrografi ialah mineral muskovit, kuarsa, grafit, klorit dan opak/oksida besi.

Kehadiran lapisan sekis abu-abu dan hitam dijumpai sebagai perselingan lapisan, dimana kadang dijumpai nodul kuarsit dalam lapisannya. Ketebalan tiap perlapisan unit batu tersebut bervariasi, ada yang cenderung tipis dan ada yang cenderung tebal. Namun yang sulit dipisahkan dari tiap perlapisan tersebut ialah bidang perlapisannya. Singkapan

yang dijumpai merupakan singkapan dengan perselingan sekis dengan bidang perlapisan yang sudah kabur (tidak tegas).

Berdasarkan hasil analisis XRF, komposisi kimia batuan dari satuan sekis ini memiliki 3 senyawa oksida utama, yaitu SiO₂, Fe₂O₃, dan Al₂O₃. Komposisi SiO₂ pada satuan sekis ini kurang lebih memiliki nilai kisaran 50-70%. Kemudian senyawa Al₂O₃ memiliki rentang nilai sebesar 15-30%, diikuti oleh Fe₂O₃ dengan rentang nilai 5-10%. Dimana senyawa Al₂O₃ dan Fe₂O₃ memiliki nilai yang saling mengimbangi. Adapun senyawa lain (CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, MnO, P₂O₅ dan HD) hanya memiliki nilai dibawah 10% jika digabungkan kesemuanya. Dilihat dari persentase komposisi kimia tersebut, satuan sekis tersusun oleh batuan fero-alumino silikat. Hal tersebut erat kaitannya bahwa satuan sekis tersebut merupakan karakter batuan metapelite yang merupakan protolith dari batuan sedimen.



Gambar 4. Komposisi kimia (Oksida Utama) kumulatif batuan di satuan sekis

Pada pengamatan mikroskopis, identifikasi mineral grafit didasarkan pada analisis Raman Spectroskopi dan X-Ray Diffraction (XRD). Berdasarkan dua pendekatan tersebut, mineral grafit cukup jelas teridentifikasi. Pada pengamatan Raman Spektroskopi, G band muncul dengan baik. Berdasarkan pengamatan XRD, identifikasi mineral grafit 2H dan 3R juga muncul cukup baik pada sampel KLK/35 dan KLK/67, walaupun pola difraksi tersebut tidak begitu dapat dibedakan secara signifikan.

Pada blok Malaha, kode sampel batuan KLK/04, KLK/05, dan KLK/52 memiliki kehadiran pola G-band dan Disorder-band yang lain. Kehadiran pola spectra G-band yang lebih tinggi dibandingkan dengan D1-band dinilai memiliki derajat kristalisasi grafit yang baik. Hal tersebut juga dibantu oleh nilai pengukuran Hit Quality Index (HQI) dengan tingkat reliability di atas 50%. Untuk blok Balandete, kode sampel KLK/58, KLK/64 dan KLK/65 merupakan sampel sekis yang juga memiliki spectra G-band yang baik.

Satuan sekis merupakan satuan batuan pembawa grafit di daerah penyelidikan. Hal itu terlihat dari identifikasi mineral grafit dari pengamatan Raman dan XRD yang telah dilakukan pada beberapa sampel terpilih satuan sekis tersebut. Satuan sekis di daerah penyelidikan terdapat di dua blok, yaitu blok Malaha dan Balandete.

Analisis kuantitatif untuk mendapatkan nilai kadar Grafit dari percontaan menggunakan pendekatan analisis XRD. Nilai yang didapatkan merupakan pendekatan semi-kuantitatif. Distribusi nilai persentase grafit di Blok Malaha berkisar antara 0.16-2.97 Cg%, sedangkan dalam perhitungan blok Balandete berkisar antara 0.56-3.28 Cg%. Nilai rata-rata tiap blok dijadikan acuan nantinya dalam perhitungan sumber daya hipotetik grafit. Maka dari itu, nilai sumber daya grafit pada tiap blok dapat dikalkulasikan yaitu; blok Malaha memiliki Sumber Daya Hipotetik Grafit sebesar 17.159.373 ton atau \pm 17 juta ton dan blok Balandete sebesar 6.298.084 ton atau \pm 6 juta ton.

KESIMPULAN

Dari hasil penyelidikan, terdapat dua blok penyelidikan, yaitu blok penyelidikan Malaha dan Balandete. Satuan sekis merupakan satuan geologi pada daerah ini. Satuan sekis yang dijumpai umumnya memiliki warna abu-abu, hitam, dijumpai dalam bentuk perlapisan. Selain itu, satuan sekis ini memiliki tekstur berupa foliasi dengan tingkat rendah-tinggi, kadang ditemui batuan yang masif, kristalan halus, namun sering juga ditemukan kehadiran mika halus maupun mika yang berlembar dan memiliki kilap metalik.

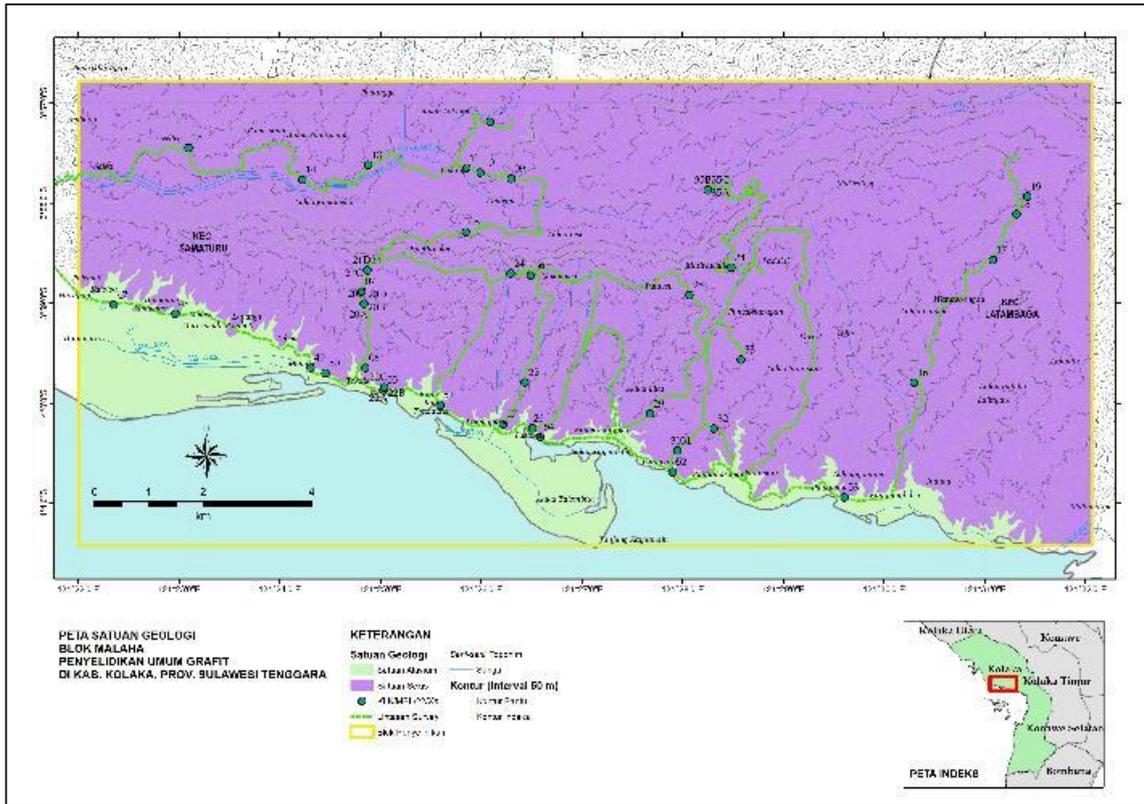
Pada pengamatan sayatan tipis, satuan sekis di daerah penyelidikan

memiliki struktur schistose-milonitik. Secara umum struktur schistose lebih umum dijumpai dibandingkan milonitik. Komposisi mineral pada satuan sekis ini, berdasarkan analisis petrografi ialah mineral muskovit, kuarsa, grafit, klorit dan opak/oksida besi. Berdasarkan hasil analisis XRF, komposisi kimia batuan dari satuan sekis ini memiliki 3 senyawa oksida utama, yaitu SiO_2 , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Pada pengamatan mikroskopis, identifikasi mineral grafit didasarkan pada analisis Raman Spektroskopi dan X-Ray Diffraction (XRD). Pada pengamatan Raman Spektroskopi, G band muncul dengan baik. Berdasarkan pengamatan XRD, identifikasi mineral grafit 2H dan 3R juga terlihat, walaupun pola difraksi tersebut tidak begitu tegas terlihat.

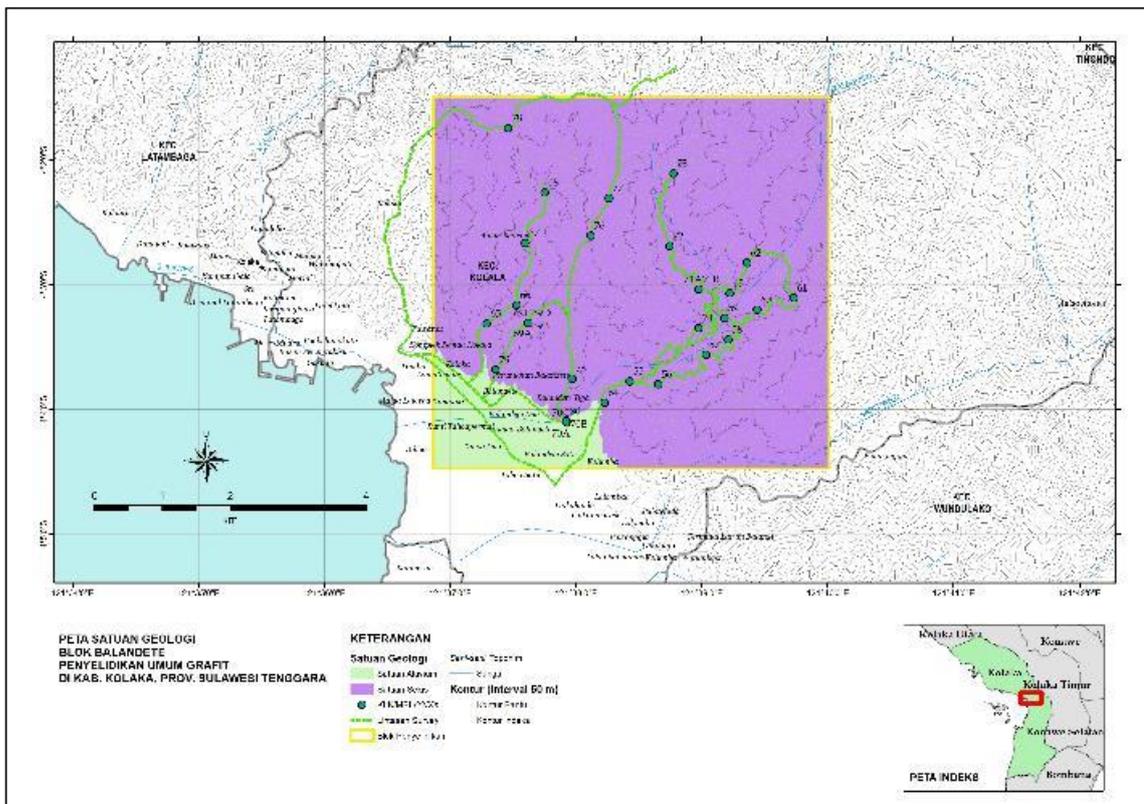
Dari hasil pengamatan di blok Malaha, terlihat bahwa kemunculan sekis hitam tersebut muncul berselang-seling dengan sekis abu-abu. Lokasi potensi endapan tersebut berada di desa Malaha, Tokale, Sani-sani, dan Kapu, dimana desa

tersebut berada di wilayah Selatan blok Malaha, berada dalam kecamatan Samaturu. Pada blok Balandete, terlihat juga kemunculan perselingan satuan sekis abu-abu dan hitam pada dinding sungai Balandete, Wanggaluri dan Kolohipo. Pada blok Balandete, potensi endapan grafit banyak terdapat di bagian bawah bukit-bukit di desa Balandete, Lalombaa dan Laloeha.

Blok Malaha memiliki luas blok sekitar 14 km x 10 km, dengan sebaran satuan sekis 117,29 km², blok ini berada di arah Baratlaut dari kota Kolaka. Sedangkan blok Balandete memiliki luas blok sekitar 5 km x 5 km, dengan sebaran satuan sekis 29 km². Blok Balandete berada di Utara kota Kolaka. Nilai yang didapatkan merupakan pendekatan semi-kuantitatif. Maka dari itu, nilai sumber daya grafit pada tiap blok dapat dikalkulasikan yaitu; blok Malaha memiliki Sumber Daya Hipotetik Grafit sebesar 17.159.373 ton atau \pm 17 juta ton dan blok Balandete sebesar 6.298.084 ton atau \pm 6 juta ton.



Gambar 5. Peta geologi blok Malaha



Gambar 6. Peta Geologi blok Balandete

**PENYELIDIKAN UMUM BATUMULIA
DI KABUPATEN NAGAN RAYA, PROVINSI ACEH**

Irwan Muksin dan Asep Dedi Mulyadi

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Batumulia adalah semua jenis mineral dan batuan yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang khas, serta digunakan untuk perhiasan dan bahan dekorasi atau hiasan. Batumulia di daerah penyelidikan tersingkap dengan pola tidak teratur, terdapat di sungai, dinding-dinding sungai maupun di bukit dekat sungai.

Daerah penyelidikan batumulia secara administratif termasuk Desa Pante Ara dan Desa Blang Neuang Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh.

Karakteristik batumulia yang ditemui memiliki tekstur berwarna hijau muda - tua, bersifat optik transparat (tembus cahaya) dan memiliki tingkat kekerasan tinggi. Bentuk endapan batumulia tersebut tidak memiliki pola tertentu dalam endapannya, dijumpai secara acak. Batumulia yang tersebar di daerah penyelidikan Giok jenis Nephrite dan Idocrase/Vesuvianite. Luas sebaran batumulia 249,5 hektar yang tersebar sebanyak tujuh sebaran, yakni sebaran batukapal, Alu Teungku 1, Alu Teungku 2, Alu Pisang, Alu Gantung, Pante Ara dan Alu Kalu. Total sumber daya tereka nephrite dengan dua daerah sebaran sebesar 1.254.600 ton, sedangkan satu sebaran nephrite dengan sumber daya target eksplorasi, mempunyai kisaran tonase 48.480 ton sampai dengan 242.400 ton. Total sumber daya tereka Idocrase/Vesuvianite dengan dua daerah sebaran sebesar 1.180.500 ton, sedangkan dua sebaran Idocrase/Vesuvianite dengan sumber daya target eksplorasi, mempunyai kisaran tonase 223.050 ton sampai dengan 906.000 ton.

Pemanfaatan Giok jenis Nephrite dan Idocrase/Vesuvianite biasa di jadikan sebagai batu setengah permata sebagai bahan untuk pembuatan aksesoris maupun perhiasan berbentuk liontin, kalung, cincin, bros, gelang serta Bolotie. Berdasarkan kuantitas dan kualitas, batumulia yang terdapat di daerah penyelidikan, dapat direkomendasikan untuk dijadikan WIUP/WPR.

Kata kunci: Batumulia, Nephrite, Idocrase, Nagan Raya

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terdiri dari rangkaian beribu-ribu pulau menyebar dari barat ke timur. Daratan Indonesia tersebut terdiri dari susunan variasi batuan yang tergolong dalam batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan (metamorfosa). Pada ketiga golongan batuan tersebut memungkinkan keterdapatan batumulia. Batumulia (Gemstone) adalah segala bahan mentah berjenis batuan, mineral, dan bahan alam lainnya termasuk beberapa jenis bahan organik, yang setelah diproses dengan sentuhan teknologi, memiliki keindahan yang mencukupi untuk dijadikan sebagai batu permata. Selain batumulia, dikenal juga dengan istilah batu hias atau ornament stone yang sifatnya sebagian besar tidak tembus cahaya dan nilainya tidak setinggi batu mulia, seperti antara lain: serpentinit, batugamping, marmer, andesit, basalt, dan granit.

Sesuai surat Sekretaris Jendral KESDM Nomor 993/04/SJN.U/2020 tanggal 22 Juli 2020 perihal Rencana Kegiatan DEKRANAS Bidang Wirausaha Baru pada tahun 2020 – 2024, diharapkan terbentuk wirausaha baru berbasis bahan baku sumber daya alam lokal khususnya batu mulia. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi sesuai dengan tugas dan fungsinya melakukan kegiatan penyelidikan mineral bukan logam khususnya yang termasuk ke dalam golongan batumulia. Hasil kegiatan tersebut

akan dihimpun dalam suatu sistem berbasis data sumber daya bahan galian. Oleh karena itu dianggap perlu untuk melakukan suatu kegiatan Penyelidikan Umum Batumulia guna mendapatkan gambaran keterdapatan dan potensinya secara lebih akurat dan lengkap sehingga dapat digunakan sebagai dasar terkait ketersediaan bahan baku untuk pertumbuhan dan pengembangan sentra kerajinan batu mulia. Dipilih nya Kabupaten Nagan Raya merupakan tindak lanjut dari informasi keterdapatan batumulia jenis giok di Kabupaten tersebut, dengan tekstur yang dimilikinya, merupakan Batumulia setengah permata yang bisa dimanfaatkan sebagai aksesoris maupun perhiasan (kerajinan).

Maksud dari kegiatan ini untuk mengetahui sumber daya (target eksplorasi hingga Tereka) dan kualitas Bahan Baku Batumulia, dengan tujuan tersedianya wilayah prospek Batumulia di Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh.

Daerah penyelidikan terletak dalam wilayah Desa Pante Ara dan Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh. Secara geografis lokasi penyelidikan terletak pada koordinat 4,255176° - 4,322557° Lintang Utara dan 96,445756° - 96,486797° Bujur Timur.

METODOLOGI

Metoda yang digunakan berkaitan dengan kegiatan penyelidikan ini antara lain:

- Persiapan Penyelidikan (Pengumpulan data sekunder)
- Pelaksanaan Penyelidikan, meliputi pengamatan geologi, pemetaan lokasi batumulia, pemercontaan batuan
- Pasca Penyelidikan, meliputi: analisis laboratorium, pengolahan data.

GEOLOGI HASIL PENYELIDIKAN

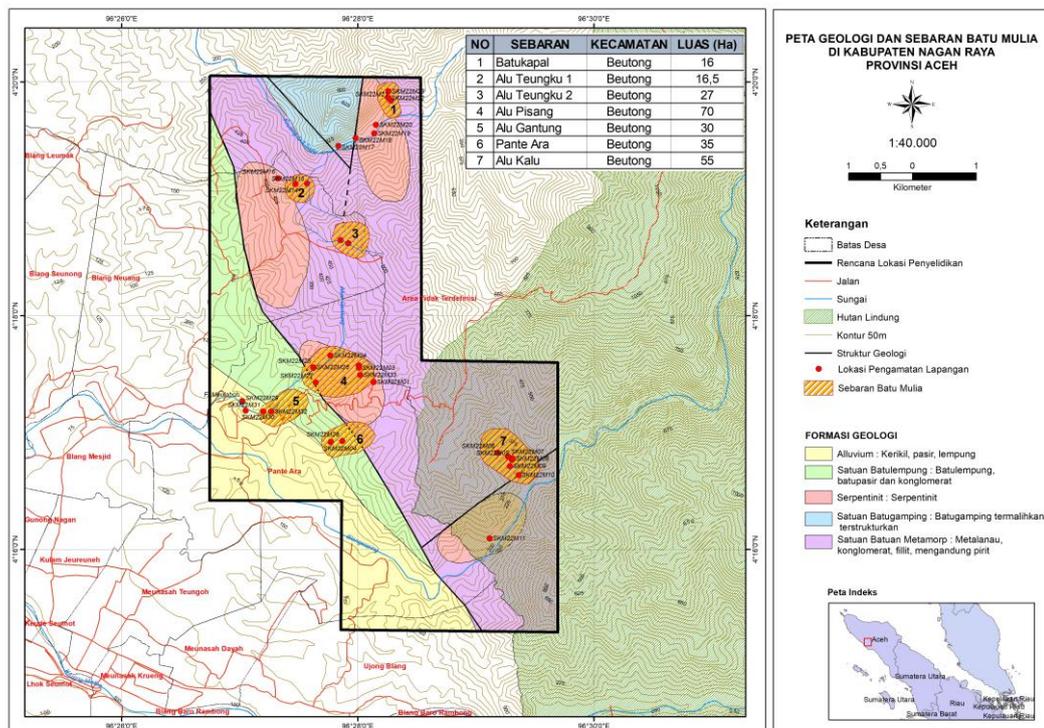
Berdasarkan pengamatan di lapangan, di daerah penyelidikan terdapat lima satuan batuan (Lihat Gambar 1)

Satuan Aluvial, satuan ini dicirikan dengan endapan kerikil, pasir dan lempung yang menempati morfologi pedataran, terutama di daerah sekitar aliran sungai besar. Disusun oleh material-material lepas berukuran pasir hingga bongkah, bentuk

butir membundar — membundar tanggung, terdiri dari fragmen batulempung, batupasir, konglomerat, andesit.

Satuan Batulempung, satuan ini tersingkap di sebelah Barat daerah penyelidikan. Satuan ini disusun oleh litologi batulempung, batupasir dan konglomerat.

Serpentinit, satuan ini dicirikan dengan kenampakan batuan berwarna hijau kehitaman, agak keras, ukuran butir halus-sedang. Pada peta geologi, satuan ini dicirikan dengan warna coklat muda. Berdasarkan kemiripan sifat litologinya di lapangan satuan ini dapat disetarakan dengan aneka terobosan serpentinit, berumur Jura Akhir sampai awal Kapur (N.R. Cameron,1993)



Gambar 1. Peta Geologi dan Sebaran Batumulia di Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh

Satuan Batugamping, satuan ini tersingkap di sebelah Utara daerah penyelidikan. Satuan ini disusun oleh litologi batugamping termalihkan, terstrukturkan, warna krem, keras. Pada peta geologi, satuan ini dicirikan dengan warna biru muda.

Satuan Batuan Metamorf, satuan ini disusun oleh litologi metalanau, konglomerat, filit, mengandung pirit. Pada peta geologi, satuan ini dicirikan dengan warna ungu muda. Berdasarkan kemiripan sifat litologinya di lapangan satuan ini dapat disetarakan dengan Kelompok Woyla Tak Terpisahkan, berumur Yura Akhir – Kapur Awal (N.R. Cameron,1993)

HASIL PENYELIDIKAN

Berdasarkan pengamatan lapangan, batumulia yang ditemui memiliki tekstur berwarna hijau muda - tua, bersifat optik transparat (tembus cahaya) dan memiliki tingkat kekerasan tinggi. model endapan yang dijumpai di daerah penyelidikan merupakan endapan sungai purba/tua berupa kerikil sampai boulder berukuran \pm 2,5 meter yang diendapkan secara tidak selaras (*unconformity*) diatas satuan batuan yang lebih tua yaitu satuan batuan metamorf yang berumur Yura Akhir – Kapur Awal. Batumulia ini tersingkap dengan pola tidak teratur, terdapat di sungai, dinding-dinding sungai maupun di bukit dekat sungai.

POTENSI BATUMULIA

Berdasarkan keterdapatannya, sebaran batumulia di daerah penyelidikan tersebar di Desa Pante Ara dan Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong memiliki luas penyebaran sekitar 249,5 hektar (Lihat Gambar 1). Nilai sumber daya batumulia dihitung dengan parameter diantaranya volume, berat jenis rata-rata batumulia, persen keterdapatan batumulia.

$$\text{Sumber daya Batumulia} = \text{volume} \times \text{berat jenis} \times \text{persen keterdapatan}$$

Persen keterdapatan batumulia dimasukkan ke dalam parameter karena batumulia tidak mengisi seluruh bagian dari volume, nilai persen keterdapatan batumulia pada perhitungan ini adalah sebesar 5% (berdasarkan pengamatan di lapangan).

Sumber daya mineral dikelompokkan berdasarkan tingkat keyakinan geologi dalam kategori tereka, tertunjuk, dan terukur (SNI 4726-2019). Target eksplorasi mineral yaitu kualitas dan kuantitas mineral yang diestimasi didasarkan atas titik pengamatan yang belum memenuhi persyaratan klasifikasi untuk sumber daya tereka dan pernyataannya harus dalam bentuk kisaran angka yang ditentukan oleh orang yang berkompeten (SNI 4726-2019).

Terdapat empat sebaran yang mempunyai sumber daya tereka, seperti tertera dalam tabel 1 dan tiga sebaran target eksplorasi dengan sumber daya

berupa kisaran, seperti tertera dalam tabel 2. Berdasarkan hasil evaluasi dan analisis laboratorium, batumulia yang tersebar di daerah penyelidikan Giok jenis Nephrite dan Idocrase/Vesuvianite. Lebih jelas dapat di lihat pada masing-masing sebaran:

Sebaran Alu Teungku 1

Sebaran ini berada di lereng Alue Teungku, Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan nya; warna hijau muda, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini termasuk jenis Idocrase/Vesuvianite, luas sebaran 16,5 hektar dengan sumber daya tereka 204.600 ton. Hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 34,21 % - 48,96 %; CaO 19,68 % - 22,87 %; MgO 17,67 % - 21,70 %. Hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Grossular dengan Hit Quality Index (HQI) 95,11%. Hasil analisis uji kekerasan (*Hardness*) 6,5; berat jenis (*Density*) 3,14 dan Indek Bias (*Refraction Index*) 1,71 termasuk giok jenis Idocrase/Vesuvianite.

Sebaran Alu Pisang

Sebaran ini berada di lereng S. Alu Pisang, Desa Pante Ara, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan nya; warna hijau muda - tua, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Nephrite. Luas sebaran 70 hektar dengan sumber daya tereka 1.050.000 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 53,62 % - 55,42 %; CaO 3,64 % - 12,81 %; MgO 21,18 % - 28,71 %. Berdasarkan analisis

petrografi, menunjukkan tekstur *nematoblastik*, berukuran butir hingga 0.2 mm, bentuk kristal subhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral tremolit, alanit, zoisit, klorit, dan opak/oksida besi. Komposisi Mineral Tremolit 94 %, Opak/Oksida Besi 3 %, Alanit 1 %, Zoisit 1 %, dan Klorit 1 %, dari hasil analisis didapat nama Batuan Tremolit (Giok Nefrit) (*Streckeisen*, 1976). Hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Nephrite dengan Hit Quality Index (HQI) 83,80 %. Hasil analisis uji kekerasan (*Hardness*) 6,5; berat jenis (*Density*) 2,95 – 3,01 dan Indek Bias (*Refraction Index*) 1,61 – 1,62 termasuk giok jenis Nephrite,

Sebaran Pante Ara

Sebaran ini berada di Desa Pante Ara, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan pada sebaran ini: warna hijau muda - tua, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Idocrase/Vesuvianite luas sebaran 35 hektar dengan sumber daya tereka 542.500 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 36,49 % - 37,84 %; CaO 16,54 % - 32,25 %; MgO 10,08 % - 23,46 %. Berdasarkan analisis petrografi, menunjukkan tekstur *hipidioblastik*, berukuran butir hingga 1.12 mm, bentuk kristal subhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral diopsid, vesuvianit, serpentin, zoisit, klorit, dan opak/oksida besi. Komposisi Mineral Vesuvianit 74 %, Diopsid 15 %, Serpentin 7 %, Zoisit 1 %, Klorit 1 %, Opak 2 %. Dari

hasil analisis didapat nama Batuan Vesuvianite (Streckeisen, 1976). Dari hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Idocrase/Vesuvianite dengan Hit Quality Index (HQI) 78,70 %. Hasil analisis XRD, nama mineral *Clinocllore*, *Grossular*. Hasil analisis kekerasan (*Hardness*) 6,5; berat jenis (*Density*) 3,16 – 3,33 dan Indek Bias (*Refraction Index*) 1,71 termasuk giok jenis Idocrase/Vesuvianite.

Sebaran Alu Kalu

Sebaran ini berada di lereng S Alu kalu, Desa Pante Ara, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan pada sebaran ini: warna hijau muda, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Idocrase/Vesuvianite terlihat pada gambar 4.19. luas sebaran 55 hektar dengan sumber daya tereka 638.000 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 37,35 % - 38,91 %; CaO 17,59 % - 22,87 %; MgO 18,14 % - 21,79 %. Berdasarkan analisis petrografi, menunjukkan tekstur *hipidioblastik*, berukuran butir hingga 5 mm, bentuk kristal subhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral diopsid, vesuvianit, serpentin, zoisit, lempung, dan opak/oksida besi. Batuan tertarik sedang oleh magnet. Komposisi Mineral Diopsid 80%, Vesuvianit 7 %, Serpentin 5 %, Lempung 4 %, Zoisit 3 %, dan Opak 1 %. Dari hasil analisis didapat nama Batuan Piroksenit (Giok Jadeit). Dari hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Idocrase/Vesuvianite

dengan Hit Quality Index (HQI) 84,75 %. Hasil analisis kekerasan (*Hardness*) 6,5; berat jenis (*Density*) 3,20 – 3,25 dan Indek Bias (*Refraction Index*) 1,68 – 1,71, termasuk giok Idocrase/Vesuvianite. Berdasarkan hasil analisis sertifikasi batumulia dari laboratorium GEM - AFIA, merupakan jenis Idocrase/Vesuvianite.

Sebaran Batukapal

Sebaran ini berada di Lereng S Alu Batukapal, Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan pada sebaran ini : warna hijau muda, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Nephrite, luas sebaran 16 hektar berupa target eksplorasi dengan kisaran sumber daya 48.480 ton – 242.400 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 54,46 % - 54,63 %; CaO 13,16 % - 15,32 %; MgO 21,94 % - 23,90 %. Berdasarkan analisis petrografi, menunjukkan struktur *slaty cleavage*, tekstur *granoblastik*, berukuran butir hingga 0.28 mm, bentuk kristal anhedral, disusun oleh mineral kuarsa, klorit, dan opak/oksida besi. Batuan tertarik sedang oleh magnet. Komposisi Mineral Kuarsa 94 %, Opak/Oksida Besi 5 %, Klorit 1 %. Dari hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Nephrite dengan Hit Quality Index (HQI) 86,35 %. Hasil analisis kekerasan (*Hardness*) 6,5; berat jenis (*Density*) 3,01 dan Indek Bias (*Refraction Index*) 1,62 termasuk giok jenis Nephrite.

Sebaran Alu Teungku 2

Sebaran ini berada di Lereng S Alu Teungku, Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan pada sebaran ini : warna hijau muda, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Idocrase/Vesuvianite, luas sebaran 27 hektar berupa target eksplorasi dengan kisaran sumber daya 125.550 ton – 418.500 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar SiO₂ 34,99 % - 36,08 %; CaO 17,89 % - 21,28 %; MgO 20,81 % - 23,30 %. Dari hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Idocrase/Vesuvianite dengan Hit Quality Index (HQI) 59,71 %. Hasil analisis kekerasan (*Hardness*) 6,5 ; berat jenis (*Density*) 3,12 – 3,23 dan Indeks Bias (*Refraction Index*) 1,71 termasuk giok jenis Idocrase/Vesuvianite.

Sebaran Alu Gantung

Sebaran ini berada di sekitar Alu Gantung, Desa Pante Ara, Kecamatan Beutong, karakteristik batuan pada sebaran ini: warna hijau muda, keras, tembus cahaya. Batumulia pada sebaran ini jenis Idocrase/Vesuvianite, luas sebaran 30 hektar berupa target eksplorasi dengan kisaran sumber daya 97.500 ton – 487.500 ton. Berdasarkan hasil analisis kimia major, kadar: SiO₂ 37,45 % - 38,63 %; CaO 0,57 % - 23,02 %; MgO 17,51 %. Dari hasil Analisis Raman spectroscopy, terindikasi sebagai Idocrase/Vesuvianite dengan *Hit Quality Index* (HQI) 71,35 %. Hasil analisis kekerasan (*Hardness*)6,5; berat jenis

(*Density*) 3,21 dan Indeks Bias (*Refraction Index*) 1,71, termasuk giok jenis Idocrase/Vesuvianite.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Batumulia yang terdapat di daerah penyelidikan jenis Nephrite dan Idocrase/Vesuvianite tersebar di Desa Pante Ara dan Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong. Karakteristik batumulia yang ditemui memiliki tekstur berwarna hijau muda - tua, bersifat optik transparat (tembus cahaya) dan memiliki tingkat kekerasan tinggi. Batumulia ini tersingkap dengan pola tidak teratur, banyak terdapat di sungai, dinding-dinding sungai maupun di bukit dekat sungai.

Luas sebaran batumulia didaerah penyelidikan 249,5 hektar, sebanyak tujuh sebaran yakni sebaran batukapal, Alu Teungku 1, Alu Teungku 2, Alu Pisang, Alu Gantung, Pante Ara dan Alu Kalu. Total sumber daya tereka nephrite dengan dua daerah sebaran 1.254.600 ton, sedangkan satu sebaran nephrite dengan sumber daya target eksplorasi, mempunyai kisaran tonase 48.480 ton sampai dengan 242.400 ton. Total sumber daya tereka Idocrase/Vesuvianite dengan dua daerah sebaran 1.180.500 ton, sedangkan dua sebaran Idocrase/Vesuvianite dengan sumber daya target eksplorasi, mempunyai kisaran tonase 223.050 ton sampai dengan 906.000 ton.

Pemanfaatan batumulia Giok jenis Nephrite dan Idocrase (Vesuvianite) biasa

di jadikan sebagai batu setengah permata sebagai bahan untuk pembuatan aksesoris maupun perhiasan berbentuk liontin, kalung, cincin, bros, gelang serta Bolotie. Selain menambah nilai guna, pengolahan dan pengembangan batumulia oleh masyarakat lokal ini juga termasuk dalam kegiatan “Ekonomi Kreatif” yang merupakan suatu konsep kerja DEKRANAS yang bertujuan untuk dapat menambah pemasukan ekonomi masyarakat setempat.

pembangunan yang didasarkan kepada aset kreativitas diharapkan berpotensi menghasilkan pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Berdasarkan kuantitas dan kualitasnya, potensi batumulia jenis Nephrite dan Idocrase/Vesuvianite di Desa Pante Ara dan Desa Blang Neuang, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya dapat direkomendasikan untuk dijadikan WIUP/WPR.

Tabel 1. Sumber Daya Tereka Batumulia di daerah penyelidikan

No	Sebaran	Batumulia	Luas (m ²)	Tebal (m)	Volume (m ³)	asumsi persentase	Volume (m ³)	Berat Jenis	Sumber Daya Tereka (Ton)
1	Alu Teungku 1	Nephrite	165.000	8	1.320.000	5%	66.000	3,10	204.600
2	Alu Pisang	Nephrite	700.000	10	7.000.000	5%	350.000	3,00	1.050.000
3	Pante Ara	Idocrase/Vesuvianite	350.000	10	3.500.000	5%	175.000	3,10	542.500
4	Alu Kalu	Idocrase/Vesuvianite	550.000	8	4.400.000	5%	220.000	2,90	638.000

Tabel 2. Target Eksplorasi Batumulia di daerah penyelidikan

No	Sebaran	Batumulia	Luas (m ²)	Tebal (m)	Kisaran Tebal Topografi (m)	asumsi persentase	Berat Jenis	Kisaran Tonase (Ton)	
1	Batukapal	Nephrite	160.000	2	10	5%	3,03	48.480	242.400
2	Alu Teungku 2	Vesuvianite	270.000	3	10	5%	3,10	125.550	418.500
3	Alu Gantung	Vesuvianite	300.000	2	10	5%	3,25	97.500	487.500

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Nagan Raya, 2021, Nagan Raya Dalam Angka 2021, Kabupaten Nagan Raya , Provinsi Aceh
- Martua Raja, dkk. 2012. Laporan Inventarisasi Mineral Bukan Logam di Kabupaten Nagan Raya dan Kabupaten Aceh Barat Daya, Provinsi Aceh, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung
- N.R. Cameron, A. Djunuddin, , W. Kartawa, W,dkk. 1982. Peta Geologi Lembar Tapaktuan, Aceh, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

- Simanjuntak, H. R. W., 1990, Sebaran Batu mulia di Indonesia. Direktorat Sumber Daya Mineral Bandung.
- Suhala, S. dan Arifin, M., 1997, Bahan Galian Industri, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung
- Sukandarrumidi , 2009, Bahan Galian Industri, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Sugeng Jarot, <https://aceh.tribunnews.com/2014/04/16/giok-singhahmata-dan-proses-pembentukannya>.
- T Mukhtar W , 2016, Skripsi Batu Giok Aceh Dampak Kehidupan Sosial Budaya di Kecamatan Beutong, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darusslam-Banda Aceh
- Standar Nasional Indonesia, 2019, No 4726:2019 tentang Pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya dan cadangan mineral, Badan Stadar Nasional Indonesia

PROSPEKSI LITIUUM DAN MINERAL KRITIS PADA ENDAPAN LUMPUR SIDOARJO DI KABUPATEN SIDOARJO, PROVINSI JAWA TIMUR

¹Agata Vanessa, ¹Irwan Muksin, ²Candra, dan ¹Wawan Setiyawan

¹Kelompok Kerja Mineral

²Kelompok Kerja Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Sumber energi yang ramah lingkungan memerlukan baterai sebagai tempat penyimpanan energi dengan bahan baku baterai berupa critical raw material (CRM) seperti litium, strontium, skandium, magnesium, boron dan *rare earth element* (REE). Potensi litium di Indonesia terdapat pada batuan pegmatit, *brine water* dan *mud volcano*. Lumpur Sidoarjo merupakan bagian dari sistem *mud volcano* yang sudah banyak dilakukan penelitian. Kegiatan Prospeksi Litium dan Mineral Kritis pada Endapan Lumpur Sidoarjo ini dilakukan untuk melengkapi data potensi litium dan mineral kritis yang aktual terdapat pada endapan lumpur. Lumpur Sidoarjo mengandung mineral lempung *illite*, kaolin dan *montmorillonite* yang berasal dari proses alterasi fluida hidrotermal. Kandungan mineral kritis pada Lumpur Sidoarjo yaitu Li berkisar 54 – 110 ppm, Sr berkisar 223 – 1160 ppm, Mg berkisar 0,44 – 1,97 %, Sc berkisar 9 – 129 ppm, Cr berkisar 17 – 340 ppm, Al berkisar 5,76 – 19,02 %, dan total REE berkisar 70 – 535 ppm. Karakteristik air pada Lumpur Sidoarjo menunjukkan air formasi yang kaya akan sedimen dan material organik bercampur dengan air panas lalu naik ke permukaan dan berinteraksi dengan batuan sedimen yang merupakan bagian dari Formasi Kalibeng yang terletak dalam Zona Kendeng. Kelimpahan Li berhubungan dengan air panas pada Lumpur Sidoarjo dengan kandungan Li pada yang rendah sehingga mineral lempung yang terdapat pada Lumpur Sidoarjo tidak banyak memerangkap Li. Kelimpahan Sr, Cr, Sc dan total REE kemungkinan berhubungan dengan adanya mineral sulfida yang kemungkinan terbentuk pada proses alterasi hidrotermal. Estimasi sumber daya Li adalah sebesar 2.375,34 ton. Estimasi sumber daya Sr adalah sebesar 11.244,88 ton. Estimasi sumber daya Sc adalah sebesar 495,63 ton.

Kata kunci: Litium, Mineral Kritis, Lumpur Sidoarjo

PENDAHULUAN

Isu pemanasan global akibat emisi gas karbon pada saat ini mendorong

semua negara melakukan upaya untuk menurunkan emisi gas karbon. Dalam implementasinya, penggunaan sumber -

sumber energi tersebut memerlukan sistem penyimpanan energi. Salah satu tempat penyimpanan energi tersebut adalah baterai elektrokimia. Bahan baku baterai tersebut berupa critical raw material (CRM) seperti litium, strontium, skandium, magnesium, boron dan *rare earth element* (REE). Potensi litium di Indonesia terdapat pada batuan pegmatit, brine water dan mud volcano. Semburan lumpur panas di Kabupaten Sidoarjo merupakan bagian dari sistem *mud volcano*. Penelitian terhadap kandungan lumpur tersebut sudah banyak dilakukan. Hasil penyelidikan PSDMBP pada tahun 2020 mendapatkan kadar litium dan strontium pada lumpur yaitu masing-masing sebesar 280 ppm dan 650 ppm. Analisis REE juga dilakukan, namun hasilnya belum memenuhi standar dikarenakan analisis dilakukan menggunakan alat ICP-OES yang tidak disarankan untuk menganalisis unsur – unsur REE. Selain itu, analisis magnesium (Mg), scandium (Sc), chromium (Cr) juga perlu dilakukan unsur tersebut masuk dalam daftar mineral kritis.

Untuk itu, kegiatan Prospeksi Litium dan Mineral Kritis pada Endapan Lumpur Sidoarjo ini dilakukan untuk melengkapi data potensi litium dan mineral kritis yang aktual terdapat pada endapan lumpur.

GEOLOGI REGIONAL

Secara fisiografis daerah kegiatan termasuk ke dalam Zona Randublatung (Bemmelen, 1949). Secara struktur

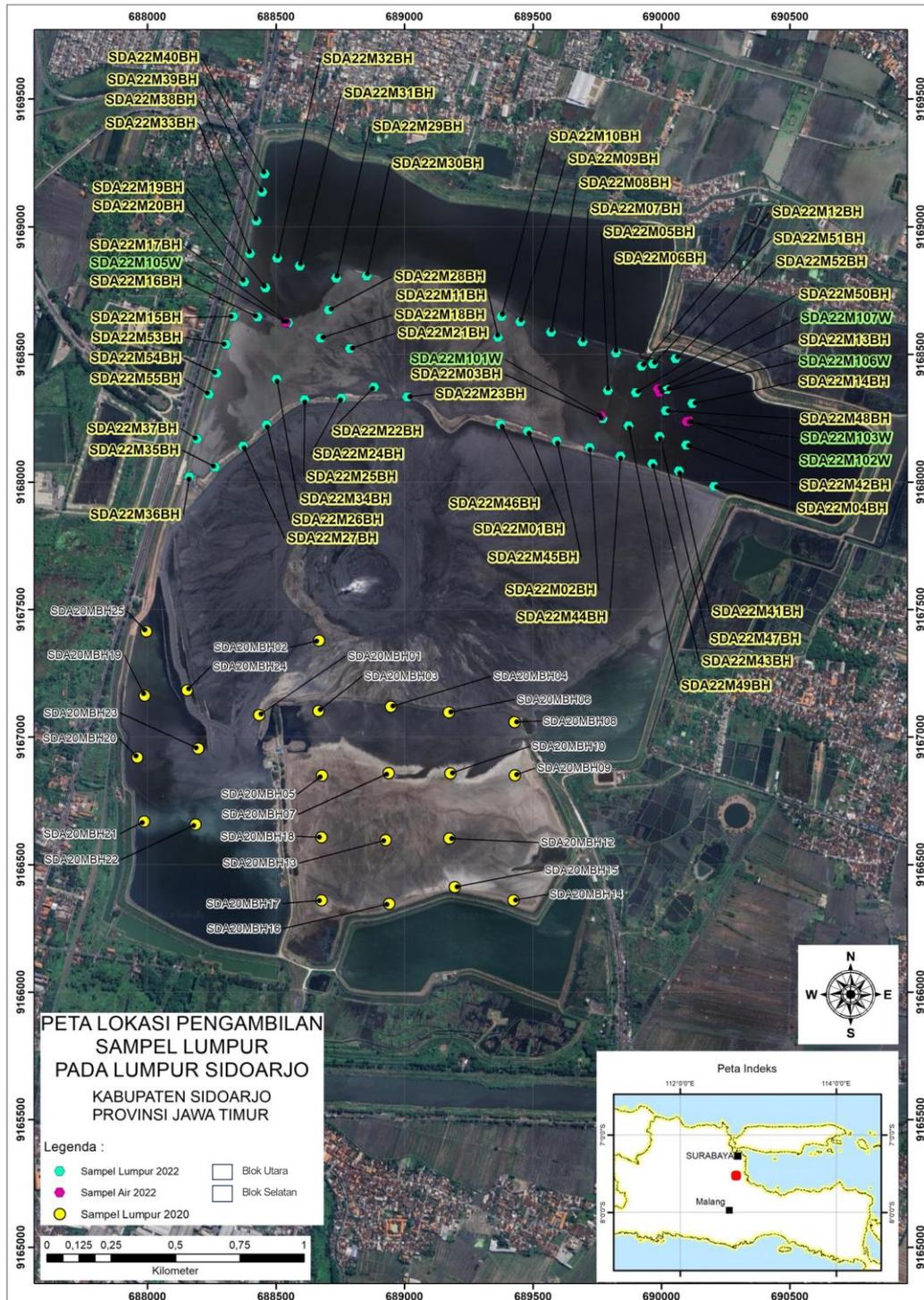
subsurface, Zona Randublatung diindikasikan sebagai *triangle zone*, yang diapit zona-zona sesar yaitu Zona Rembang dan Zona Kendeng yang saling berlawanan kemiringan dan arahnya. Secara stratigrafi, pada Zaman Pleistocene daerah kegiatan merupakan daerah *marine*. Sungai-sungai seperti Bengawan Solo dan sungai lainnya bermuara di Selat Madura purba mengendapkan sedimen seperti pasir dan lumpur sehingga terbentuk delta pada pantainya yang selanjutnya berangsur-angsur terjadi pendangkalan. Akibat pendangkalan tersebut lama kelamaan daratan bertambah ke arah pantai Selat Madura dan terbentuklah daratan seperti yang terlihat saat ini. Pada peta geologi regional lembar Surabaya dan Sapulu dan peta geologi regional lembar Malang (Santosa dan Suwanti, 1992), disebutkan bahwa batuan penyusun daerah kegiatan adalah endapan *alluvial*.

METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan pada kegiatan ini adalah kegiatan pemboran, pengambilan sampel lumpur dan pengambilan sampel air. Sampel lumpur diambil menggunakan alat bor gambut dengan jarak titik pengambilan 125 meter dan kedalaman maksimum 6 meter. Kemudian dilakukan pengamatan dan pengambilan sampel lumpur setiap satu meter kedalaman. Analisis laboratorium yang dilakukan pada sampel lumpur yaitu

ICP – MS, XRF, XRD dan SEM-EDS. Pada sampel air dilakukan analisis kation-anion dan isotop air. Perhitungan sumber daya

dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Voxler 4 dengan metode interpolasi *inverse distance anisotropy*.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel lumpur dan air pada blok utara dan blok selatan Lumpur Sidoarjo



Gambar 2. (kiri) Representatif sampel lumpur yang menunjukkan warna abu-abu kecoklatan, berukuran lempung – pasir medium; **(kanan)** Tampak dekat sampel lumpur yang berwarna abu-abu tua, bersifat plastis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel

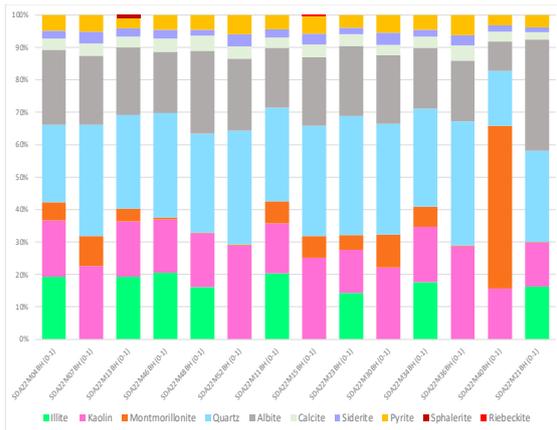
Pengeboran dilakukan pada area utara semburan lumpur sebanyak 55 titik bor dengan total jumlah sampel lumpur sebanyak 266 sampel. Selain itu, pada area selatan semburan lumpur telah dilakukan juga telah dilakukan pengeboran sebanyak 28 lubang bor dengan jarak titik 250m dan kedalaman 1 – 9,5 meter. Total sampel berjumlah 160 sampel. Penyebaran lokasi sampel ditampilkan pada Gambar 1.

Pengamatan Sampel Lumpur

Hasil pengamatan lumpur menunjukkan lumpur berwarna abu-abu tua – abu-abu kecoklatan, berukuran lempung sampai pasir medium, kandungan pasir berkisar 5 – 40%, bersifat plastis (Gambar 2).

Mineralogi Lumpur Sidoarjo

Sampel lumpur Sidoarjo mengandung SiO_2 44,28 – 51,55%, Al_2O_3 18,51%, Fe_2O_3 8,32 – 11,95%, MgO 1,69 – 2,6%, CaO 1,03 – 4,05, Na_2O 1,41 – 2,9%, K_2O 0,91 – 1,6%, TiO_2 0,69 – 0,95%, P_2O_5 0,11 – 0,17% dan MnO 0,09 – 0,21%. Data major element tersebut dibandingkan dengan data mineral yang berasal dari analisis XRD (Gambar 3). Kandungan SiO_2 yang tinggi berasal dari mineral kuarsa, felspar dan mineral lempung yaitu *illite*, kaolin dan *montmorillonite*. Kandungan Al_2O_3 , Na_2O , K_2O berasal dari mineral felspar yaitu albite dan mineral lempung. Kandungan Fe_2O_3 berasal dari mineral oksida yaitu *siderite* dan *riebeckite* dan mineral lempung. Kandungan MgO berasal dari mineral lempung. Kandungan CaO berasal dari mineral karbonat yaitu kalsit. Kandungan TiO_2 berasal dari mineral oksida dan sulfida yaitu pirit dan sfalerit.



Gambar 3. Persentase mineral pada lumpur Sidoarjo

Kelimpahan Mineral Kritis

Berdasarkan hasil analisis kimia, terdapat kandungan mineral kritis (Li, Sr, Mg, Sc, Cr, Al dan REE) pada sampel lumpur (Tabel 1). Kadar Li berkisar 54 – 110 ppm, kadar Sr berkisar 223 – 1160 ppm, kadar Mg berkisar 0,44 – 1,97 %, kadar Sc berkisar 9 – 129 ppm, kadar Cr berkisar 17 – 340 ppm, kadar Al berkisar 5,76 – 19,02 %, kadar total REE berkisar 70 – 535 ppm.

Tabel 1. Rekapitulasi kisaran besaran kandungan mineral kritis pada Lumpur Sidoarjo dan perbandingan dengan kelimpahan di kerak bumi (Modifikasi Yaroshevsky, A A., 2006)

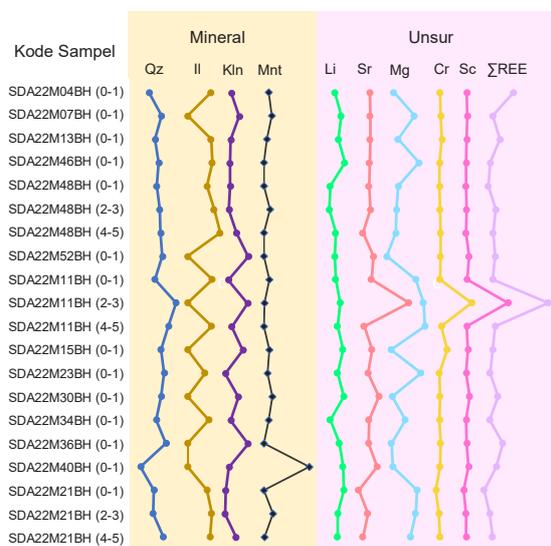
No	Unsur	Minimum	Maksimum	Rata - Rata	Kelimpahan di Kerak Bumi
1	Li	54	110	84.77	32
2	Sr	223.02	1160.22	401.17	340
3	Cr	17.82	340.06	60.43	83
4	Sc	9.01	129.34	19.24	10
5	Mg	0.44	1.97	0.77	1.87
6	Al	5.76	19.02	9.47	8.05
7	La	9.65	183.64	27.60	29
8	Ce	20.01	160.60	50.65	70
9	Pr	2.46	20.72	6.00	9
10	Nd	9.75	76.41	23.28	37
11	Sm	2.03	18.51	4.83	8
12	Eu	0.57	4.86	1.28	1.3
13	Gd	1.99	12.65	4.98	8
14	Tb	0.29	4.19	0.68	4.3
15	Dy	1.64	15.18	3.88	5
16	Ho	0.32	5.61	0.76	1,7
17	Er	0.92	38.08	2.26	3,3
18	Tm	0.03	3.92	0.31	0.27
19	Yb	0.88	7.01	2.08	3,3
20	Lu	0.04	3.93	0.32	0.08
21	Y	7.29	33.63	17.17	29

Perbandingan Komposisi Mineral Terhadap Kandungan Mineral Kritis

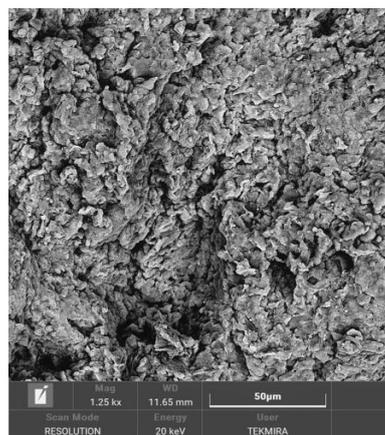
Kelimpahan mineral litium pada sampel lumpur kemungkinan diperkirakan berkorelasi dengan kelimpahan mineral lempung. Berdasarkan grafik kelimpahan mineral lempung dan kelimpahan mineral kritis (Gambar 4), kelimpahan mineral lempung yang tinggi tidak diikuti dengan kelimpahan Li yang tinggi. Kelimpahan Li tidak berkorelasi dengan kelimpahan illite dan montmorillonite, namun sedikit berkorelasi dengan kelimpahan kaolin. Kelimpahan Li pada sampel lumpur kemungkinan berasal dari batuan asal yang merupakan bagian dari Formasi Kalibreg dan terjadi alterasi atau pelapukan. Batuan tersebut bercampur dengan air yang sekarang keluar dari pusat semburan. Air tersebut kemungkinan tidak mengandung banyak Li. Ukuran kristal mineral lempung juga mempengaruhi Li yang terperangkap (Williams & Hervig, 2005). Ukuran kristal *illite* dan *smeectite* <2 μ m memerangkap Li yang lebih tinggi. Berdasarkan analisis SEM, sampel lumpur terdiri dari mineral lempung yang berukuran kristal >2 μ m (Gambar 5).

Selain litium, mineral *smeectite* juga dapat mengikat Mg (Güven, 1991). Berdasarkan grafik kelimpahan mineral lempung dan kelimpahan mineral kritis, kelimpahan Mg yang tinggi juga tidak diikuti dengan kelimpahan mineral lempung yang kemungkinan disebabkan karena Mg berasal dari batuan asal yang bercampur

dengan air yang tidak mengandung banyak Mg. Kelimpahan Sr, Cr, Sc dan total REE juga tidak berhubungan dengan kelimpahan mineral lempung. Namun kelimpahan yang Sr, Cr, Sc dan total REE yang lebih tinggi pada sampel SDA22M11BH pada kedalaman 2 – 3 m kemungkinan berhubungan dengan adanya mineral sulfida yaitu sfalerit.



Gambar 4. Korelasi antara komposisi mineral dengan kandungan mineral kritis



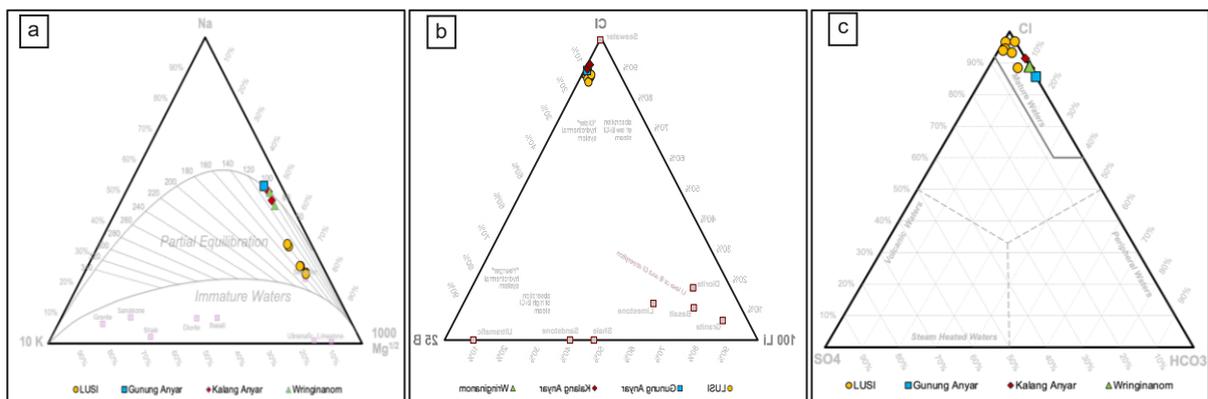
Gambar 5. Fotomikrograf sampel lumpur yang memperlihatkan mineral lempung illite dengan tekstur berlapis berukuran >2 μ m.

Karakteristik Air

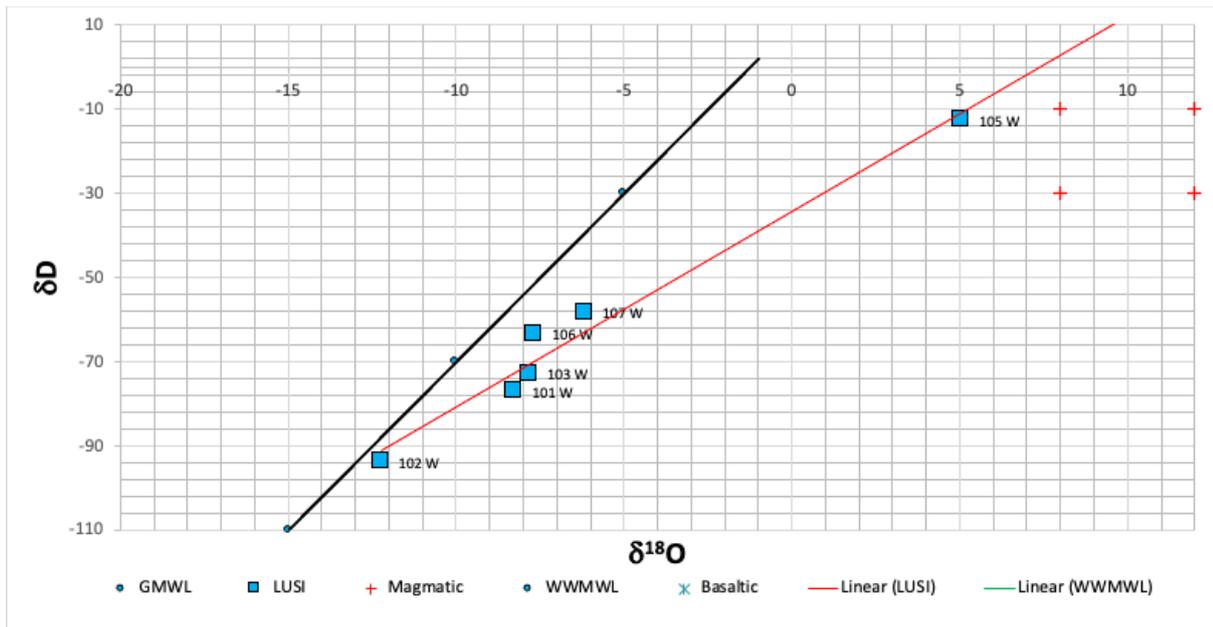
Penentuan karakteristik air dapat dilakukan dengan menggunakan data kimia air yang diplot pada diagram *ternary* mengenai komposisi kation Na-K-Mg, komposisi anion Cl-SO₄-HCO₃, dan komposisi anion Cl-Li-B (Giggenbach, 1988) dan data isotop air (oksigen-18 ($\delta^{18}O$) dan deuterium (δD)) untuk menentukan asal sumber air. Berdasarkan plotting pada diagram Na-K-Mg, air pada Lumpur Sidoarjo terletak pada zona *partial equilibration* (Gambar 6a) yang menunjukkan bahwa fluida sebagian telah mengalami perubahan dan tidak sepenuhnya berada dalam keadaan setimbang. Hal ini mengindikasikan adanya pencampuran fluida antara air formasi dengan air panas di bawah permukaan dengan estimasi temperatur air pada Lusi 140°C. *Plotting* pada diagram Cl-SO₄-

HCO₃, menunjukkan air pada Lumpur Sidoarjo bertipe air klorida dengan konsentrasi yang tinggi, namun sulfat dan bikarbonatnya sangat rendah sebagai indikasi air permukaan yang dipengaruhi oleh sedimen laut (Gambar 6b).

Berdasarkan plotting pada diagram Cl-Li-B, air pada Lumpur Sidoarjo berada dekat dengan titik Cl, sebagai indikasi lebih tingginya pengaruh sedimen laut pada saat pembentukan air panas (Gambar 6c). Hasil *plotting* isotop menunjukkan bahwa air pada Lumpur Sidoarjo terletak di sebelah kanan dari MWL (Gambar 7) yang menunjukkan adanya pengayaan ¹⁸O. Hal ini mengindikasikan fluida yang berinteraksi dengan batuan sedimen yang dilewati. Fluida naik ke permukaan dan berinteraksi dengan batuan sedimen yang kaya akan organik.



Gambar 6. (a) diagram *ternary* Na–K–Mg; (b) diagram *ternary* Cl-SO₄-HCO₃; (c) diagram *ternary* Cl-Li-B (Giggenbach, 1988)



Gambar 7. Plotting isotop ^{18}O dan ^2H air pada Lumpur Sidoarjo yang terletak di sebelah kanan dari *Meteoric Water Line* (MWL)

INTERPRETASI MODEL ENDAPAN

Kandungan mineral kritis pada lumpur Sidoarjo tidak terlepas dengan adanya semburan lumpur yang membawa lumpur bercampur dengan air. Sumber lumpur dan air tersebut awalnya diduga berasal dari Formasi Kalibeng (A. Mazzini, et al, 2007). Sumber air panas yang terdapat di Lusi diduga karena adanya pengaruh fluida hidrotermal pada cekungan sedimen dan terjadi alterasi pada lapisan yang kaya akan material organik (A. Mazzini, et al, 2012). Fluida hidrotermal tersebut diduga berasal dari sistem geotermal bertemperatur rendah (Hochstein and Sudarman, 2010).

Lumpur Sidoarjo mengandung mineral lempung *illite*, kaolin dan *montmorillonite*. Mineral lempung tersebut berasal dari proses alterasi fluida

hidrotermal. Karakteristik air berdasarkan diagram ternary Na-K-Mg, Cl-SO₄-HCO₃, dan Cl-Li-B (Giggenbach, 1988) dan isotop air menunjukkan air pada Lumpur Sidoarjo berhubungan dengan formasi yang kaya akan sedimen dan material organik. Air bercampur dengan air panas lalu naik ke permukaan dan berinteraksi dengan batuan sedimen. Temperatur air pada Lumpur Sidoarjo adalah 140°C yang termasuk pada sistem geotermal bertemperatur rendah. Batuan sedimen tersebut merupakan bagian dari Formasi Kalibeng yang terletak dalam Zona Kendeng. Kelimpahan Li berhubungan dengan air panas pada Lumpur Sidoarjo. Kandungan Li pada air tersebut rendah sehingga mineral lempung yang terdapat pada Lumpur Sidoarjo tidak banyak memerangkap Li. Kelimpahan Sr, Cr, Sc

dan total REE kemungkinan berhubungan dengan adanya mineral sulfida yang kemungkinan terbentuk pada proses alterasi hidrotermal.

POTENSI ENDAPAN MINERAL

Potensi mineral kritis pada Lumpur Sidoarjo dilihat dari ada tidaknya pengayaan mineral kritis. Maka dari itu, kelimpahan mineral kritis pada Lumpur Sidoarjo dibandingkan dengan kelimpahan unsur di kerak bumi (Tabel 1). Unsur Li, Sr dan Sc menunjukkan kadar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan unsur di kerak bumi. Berdasarkan hal tersebut, perhitungan potensi lumpur Sidoarjo akan dilakukan pada unsur Li, Sr, dan Sc. Pengklasifikasian sumber daya Li, Sr dan Sc dilakukan dengan memperhatikan jarak atau interval antar titik lokasi pengeboran. Berdasarkan SNI 4726:2019 maka sumber daya di lokasi penyelidikan masuk ke dalam Sumber Daya Tereka dengan jarak antar titik lokasi pengeboran sekitar 125 - 250 meter. Perhitungan sumber daya dilakukan di 2 area yaitu blok utara dan blok selatan (Gambar 1) dengan elevasi yang sama. Luas blok utara sekitar 827.169 m² dan luas blok selatan sekitar 1.324.856,65 m².

Estimasi sumber daya Li, Sr dan Sc dilakukan dengan menggunakan parameter volume sebaran, berat jenis rata-rata, dan nilai kadar. Perhitungan volume sebaran dan interpolasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak

Voxler 4. Metode interpolasi yang dipakai adalah *inverse distance anisotropic* dengan radius pengaruh interval sumbu x, y dan z yang berbeda pada blok utara dan selatan. Pada blok utara, interval sumbu-x 100 meter, sumbu-y 100 meter dan sumbu-z 1 meter, sedangkan pada blok selatan interval sumbu-x 250 meter, sumbu-y 250 meter dan sumbu-z 1 meter. Pendekatan statistik untuk perhitungan estimasi sumber daya dilakukan dengan membagi kelas berdasarkan rumus dari Sturges, 1926 yaitu:

$$\text{Banyak kelas} = 1 + (3,3) \log n$$

Berdasarkan rumus tersebut, terdapat 9 kelas dalam perhitungan sumber daya Li, Sr dan Sc pada Lusi.

Estimasi Sumber Daya Li

Kadar Li pada blok utara berkisar 54 s.d. 110 ppm dan kadar Li pada blok selatan berkisar 59 s.d. 95 ppm. Total sumber daya blok utara dan selatan adalah 2.375,34 ton. Ringkasan dari estimasi sumber daya Li dapat dilihat pada Tabel 2.

Estimasi Sumber Daya Sr

Kadar Sr pada blok utara berkisar 223,01 s.d. 1.160,22 ppm dan kadar Sr pada blok selatan berkisar 238 s.d. 572 ppm. Total sumber daya blok utara dan selatan adalah 11.244,88 ton. Ringkasan estimasi sumber daya Sr pada pada blok utara dan selatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Ringkasan perhitungan estimasi sumber daya Li pada blok utara dan blok selatan Lumpur Sidoarjo

Kelas	Range	(Volume m ³)	Median (ppm)	Rata-Rata BJ (ton/m ³)	Sumber Daya (ton)
kelas 1	54 - 60.22	12,775.10	57.11	2.42	1.77
kelas 2	60.22 - 66.44	741,922.59	63.33	2.42	113.71
kelas 3	66.44 - 72.67	3,227,083.70	69.56	2.42	543.20
kelas 4	72.67 - 78.89	2,946,784.16	75.78	2.42	540.39
kelas 5	78.89 - 85.11	1,794,273.48	82.00	2.42	356.06
kelas 6	85.11 - 91.33	1,500,722.76	88.22	2.42	320.40
kelas 7	91.33 - 97.56	1,651,488.85	94.44	2.42	377.46
kelas 8	97.56 - 103.78	494,036.96	100.67	2.42	120.35
kelas 9	103.78 - 110	7,779.11	106.89	2.42	2.01
Total Volume		12,376,866.70	Total Sumber Daya		2,375.34

Tabel 3. Ringkasan perhitungan estimasi sumber daya Sr pada blok utara dan blok selatan Lumpur Sidoarjo

Kelas	Range	(Volume m ³)	Median (ppm)	Rata-Rata BJ (ton/m ³)	Sumber Daya (ton)
kelas 1	223.015 - 327.15	3,531,717.40	275.08	2.42	2,351.06
kelas 2	327.15 - 431.28	6,107,951.16	379.22	2.42	5,605.28
kelas 3	431.28 - 535.42	2,453,783.73	483.35	2.42	2,870.21
kelas 4	535.42 - 639.55	250,130.04	587.48	2.42	355.61
kelas 5	639.55 - 743.69	17,853.68	691.62	2.42	29.88
kelas 6	743.69 - 847.82	8,926.84	795.75	2.42	17.19
kelas 7	847.82 - 951.95	2,678.05	899.89	2.42	5.83
kelas 8	951.95 - 1056.09	1,785.37	1004.02	2.42	4.34
kelas 9	1056.09 - 1160.22	2,040.42	1108.15	2.42	5.47
Total Volume		12,376,866.70	Total Sumber Daya		11,244.88

Tabel 4. Ringkasan perhitungan estimasi sumber daya Sc pada blok utara dan blok selatan Lumpur Sidoarjo

Kelas	Range	(Volume m ³)	Median (ppm)	Rata-Rata BJ (ton/m ³)	Sumber Daya (ton)
kelas 1	9.009 - 22.38	11,684,121.8530	15.69	2.42	443.77
kelas 2	22.38 - 35.75	647,596.1061	29.06	2.42	45.55
kelas 3	35.75 - 49.12	24,999.5824	42.43	2.42	2.57
kelas 4	49.12 - 62.49	5,101.0528	55.80	2.42	0.69
kelas 5	62.49 - 75.86	7,524.0529	69.17	2.42	1.26
kelas 6	75.86 - 89.23	2,550.5264	82.54	2.42	0.51
kelas 7	89.23 - 102.60	2,423.0001	95.91	2.42	0.56
kelas 8	102.60 - 115.97	892.6842	109.28	2.42	0.24
kelas 9	115.97 - 129.34	1,657.8422	122.65	2.42	0.49
Total Volume		12,376,866.70	Total Sumber Daya		495.63

Estimasi Sumber Daya Sc

Kadar Sc pada blok utara berkisar 9 s.d. 129,33 ppm dan kadar Sc pada blok selatan berkisar 16 s.d. 42 ppm. Total sumber daya Sc pada blok utara dan selatan adalah 495,63 ton. Ringkasan dari estimasi sumber daya Sc pada pada blok utara dan selatan dapat dilihat pada Tabel 4.

KESIMPULAN

Lumpur Sidoarjo mengandung mineral lempung *illite*, kaolin dan *montmorillonite* yang berasal dari proses alterasi fluida hidrotermal. Karakteristik air pada Lumpur Sidoarjo menunjukkan air formasi yang kaya akan sedimen dan material organik bercampur dengan air panas lalu naik ke permukaan dan berinteraksi dengan batuan sedimen yang merupakan bagian dari Formasi Kalibeng yang terletak dalam Zona Kendeng. Kelimpahan Li berhubungan dengan air panas pada Lumpur Sidoarjo dengan

kandungan Li pada yang rendah sehingga mineral lempung yang terdapat pada Lumpur Sidoarjo tidak banyak memerangkap Li.

Kelimpahan Sr, Cr, Sc dan total REE kemungkinan berhubungan dengan adanya mineral sulfida yang kemungkinan terbentuk pada proses alterasi hidrotermal. Estimasi sumber daya Li adalah sebesar 2.375,34 ton. Estimasi sumber daya Sr adalah sebesar 11.244,88 ton. Estimasi sumber daya Sc adalah sebesar 495,63 ton.

REKOMENDASI

Pada lumpur Sidoarjo, walaupun kadar Li, Sr dan Sc lebih tinggi dari kelimpahan unsur di kerak bumi, namun potensi Li, Sr dan Sc harus dikaji lebih lanjut dengan memperhitungkan proses ekstraksi dan faktor sosial pada Lumpur Sidoarjo. Berdasarkan hal tersebut, penyelidikan mineral kritis lebih lanjut tidak direkomendasikan

DAFTAR PUSTAKA

- A. Mazzini et al., 2007. Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia, *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 261, no. 3–4, pp. 375–388.
- A. Mazzini, G. Etiope, and H. Svensen, 2012. A new hydrothermal scenario for the 2006 Lusi eruption, Indonesia. Insights from gas geochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 317–318, pp. 305–318.
- Giggenbach, W. F., 1988. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 2749-2765.

- Güven, N. 1991. On a definition of illite/smectite mixed -layer. *Clays and Clay Minerals* 39(6), 661-662.
- M. P. Hochstein and S. Sudarman, "Monitoring of LUSI Mud-Volcano - a Geo-Pressured System, Java, Indonesia," *Proc. World Geotherm. Congr.*, no. June 2006, pp. 25–29, 2010
- Santosa, S dan Suwanti, T., 1992. *Geologi Lembar Malang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sturges, H., 1926. The choice of a class-interval. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 21, 65–66.
- Williams L. B., Hervig R. L., Wieser M. E. and Hutcheon I., 2001. The influence of organic matter on the boron isotope geochemistry of the Gulf Coast Sedimentary Basin, USA. *Chem. Geol.* 174, 445– 461
- Yaroshevsky, A. A., 2006. Abundances of chemical elements in the Earth's crust. *Geochemistry International*, 44(1), pp 48–55.

PENYIAPAN DATA INFORMASI SUMBER DAYA GEOLOGI UNTUK PENGUSULAN WILAYAH KEPROSPEKAN MINERAL 2022

Reza Mochammad Faisal, Bayu Sayekti, Moehammad Awaludin, dan Prima M. Hilman

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Tercantum dalam pasal 6, Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara yang diubah dengan Undang-Undang No. 3 Tahun 2020, disebutkan bahwa salahsatu kewenangan pemerintah dalam pengelolaan pertambangan mineral dan batubara adalah menetapkan WIUP mineral logam dan WIUP batubara (huruf g), menetapkan WIUP mineral bukan logam dan WIUP batuan (huruf h), dan menetapkan WIUPK (huruf i). Dalam pelaksanaan kewenangan tersebut, pemerintah perlu melakukan evaluasi dan penyiapan data wilayah prospek sebagai salahsatu komponen yang diperlukan dalam proses pelelangan untuk WIUP mineral logam dan WIUP batubara, serta proses pemberian ijin untuk WIUP mineral bukan logam dan WIUP batuan. Termasuk di dalamnya juga melakukan evaluasi data untuk proses pelelangan Wilayah Ijin Usaha Pertambangan Khusus (WIUPK).

Kegiatan evaluasi yang dilakukan meliputi: penentuan kriteria evaluasi teknis, inventarisasi data potensi sumber daya mineral, pengumpulan data pendukung, evaluasi wilayah keprospekan berdasar kriteria teknis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuannya adalah untuk menetapkan daerah prospek mineral yang dapat diusulkan atau direkomendasikan sebagai WIUP atau WIUPK.

Pada kegiatan evaluasi T.A. 2022 untuk mineral logam dari 10 laporan usulan WIUP dan WIUPK dihasilkan 10 blok rekomendasi komoditas mineral logam.

Kata kunci: evaluasi data keprospekan, lokasi prospek, rekomendasi wilayah, SIG, WIUP, WIUPK

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-undang No 4 Tahun 2009 dan Undang-undang No 3 Tahun 2020 tentang pertambangan Mineral dan Batubara, dalam pasal 6 disebutkan mengenai kewenangan

pemerintah dalam pengelolaan pertambangan mineral dan batubara antara lain :

- Penetapan WP (Wilayah Pertambangan) yang dilakukan setelah berkoordinasi dengan

pemerintah daerah dan berkonsultasi dengan Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia (berdasarkan amar putusan MK tahun 2012 wilayah pertambangan (WP) ditetapkan oleh pemerintah daerah dan dikoordinasikan dengan DPR).

- Penginventarisasian, penyelidikan, dan penelitian serta eksplorasi dalam rangka memperoleh data dan informasi mineral dan batubara sebagai bahan penyusunan Wilayah Usaha Pertambangan (WUP) dan Wilayah Pencadangan Negara (WPN),
- Pengelolaan informasi geologi, informasi potensi sumber daya mineral dan batubara, serta informasi pertambangan pada tingkat nasional.

Untuk mempersiapkan ketersediaan data keprospekan yang diperlukan sebagai informasi pendukung di dalam proses pelelangannya maka perlu dilakukan penyusunan dan evaluasi wilayah-wilayah yang bisa diusulkan menjadi WIUP dan WIUPK.

Kegiatan ini dimaksudkan untuk menginventarisasi data dan melakukan evaluasi teknis yang berkaitan dengan keadaan geologi dan keterdapatan mineral serta potensinya di berbagai lokasi atas dasar hasil penyelidikan yang pernah dilakukan oleh PSDMBP, pemerintah daerah, BUMN, dan perusahaan swasta dan perorangan. Sedangkan tujuannya

adalah untuk mendeliniasi daerah prospek untuk rekomendasi Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) dan Wilayah Izin Usaha Pertambangan Khusus (WIUPK) Mineral sebagai dasar pertimbangan teknis dalam penetapan lelang WIUP dan WIUPK Mineral bagi Pemerintah Daerah.

Ruang lingkup kegiatan yang dilakukan meliputi penentuan kriteria-kriteria, inventarisasi data potensi sumberdaya mineral, pengumpulan data pendukung, evaluasi wilayah Keprospekan berdasarkan kriteria teknis yang sudah ditetapkan dalam kaitan dengan penyiapan WIUP sesuai PERMEN ESDM No 12 Tahun 2011.

METODOLOGI

Berdasarkan Permen ESDM No 28 Tahun 2013, tentang Tata Cara Lelang WIUP dan WIUPK, maka sebagai turunannya dibuat kriteria teknis untuk penentuan wilayah prospek, sebagai berikut.

1. Pengeplotan data geologi lokal atau regional dan formasi pembawa logam
2. Pengeplotan data kawasan lindung
3. Pengeplotan wilayah IUP yang sudah *Clean and Clear* (C&C)
4. Pengeplotan data geokimia regional
5. Pengeplotan data ubahan, mineralisasi, distribusi geokimia unsur batuan
6. Pengeplotan data anomali geofisika

7. Evaluasi data hasil pengeboran, parit uji, dan sumur uji
8. Evaluasi data potensi sumber daya
9. Deliniasi daerah prospek
10. Luas dan batas koordinat daerah prospek untuk mendapatkan nilai/skor hasil evaluasi maka semua data dan informasi tersebut diberi bobot sesuai dengan SOP.

Wilayah yang dievaluasi dapat dilihat pada tabel 1 dan Gambar 1.

INVENTARISASI DATA POTENSI SUMBER DAYA MINERAL

Inventarisasi dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder yang berkaitan dengan tempat kedudukan potensi mineralisasi yang bersumber dari

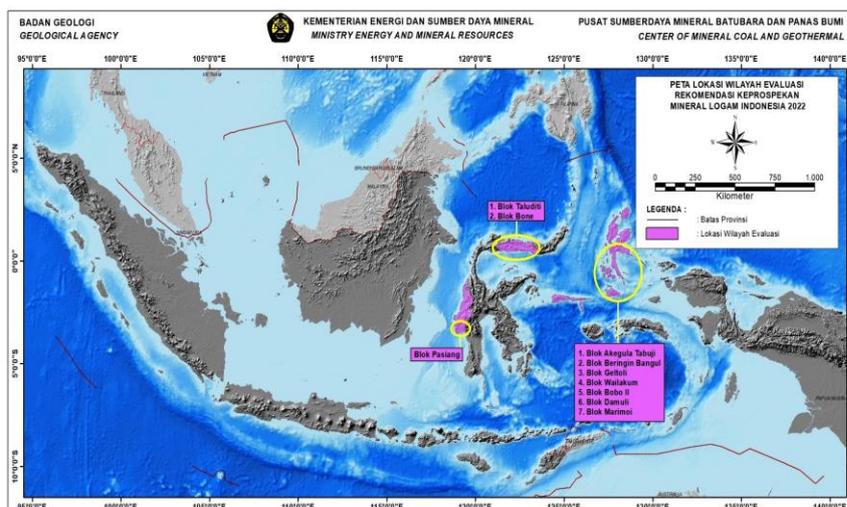
data hasil penyelidikan: (1) pemegang IUP dan KK (Kontrak Karya), (2) pemerintah daerah yang penyampaiannya melalui SIGNAS (Sistem Informasi Geografis Nasional), dan (3) Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi. Data yang dikumpulkan dari sumber-sumber di atas, dipelajari dan diambil sarinya untuk dikaji sehingga dapat dijadikan sebagai dasar penetapan daerah prospek.

INVENTARISASI DATA

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 10 daerah yang diusulkan dapat menjadi rekomendasi menjadi WIUP sebagai berikut. (Tabel 2).

Tabel 1. Wilayah Usulan Mineral yang Dievaluasi 2022

No	Blok	Nama Wilayah			Komoditas	Luas (Ha)
		Ex KK	Kabupaten	Provinsi		
1	Akegula Tabuji		Halmahera Selatan	Maluku Utara	Nikel	1.546,6
2	Beringin Bangul		Halmahera Timur	Maluku Utara	Nikel	2.124,4
3	Geltoli		Halmahera Timur	Maluku Utara	Nikel	6.432,2
4	Taluditi		Pohuwato	Gorontalo	Tembaga	6.599
5	Bone		Bone Belango	Gorontalo	Tembaga	3.714
6	Wailakum		Halmahera Timur	Maluku Utara	Nikel	217
7	Bobo II		Halmahera Selatan	Maluku Utara	Nikel	538
8	Pasiang		Polewari Mandar	Sulawesi Barat	Galena	1.867,7
9	Damuli		Halmahera Tengah	Maluku Utara	Nikel	1.203
10	Marimoi		Halmahera Tengah	Maluku Utara	Nikel	4.121



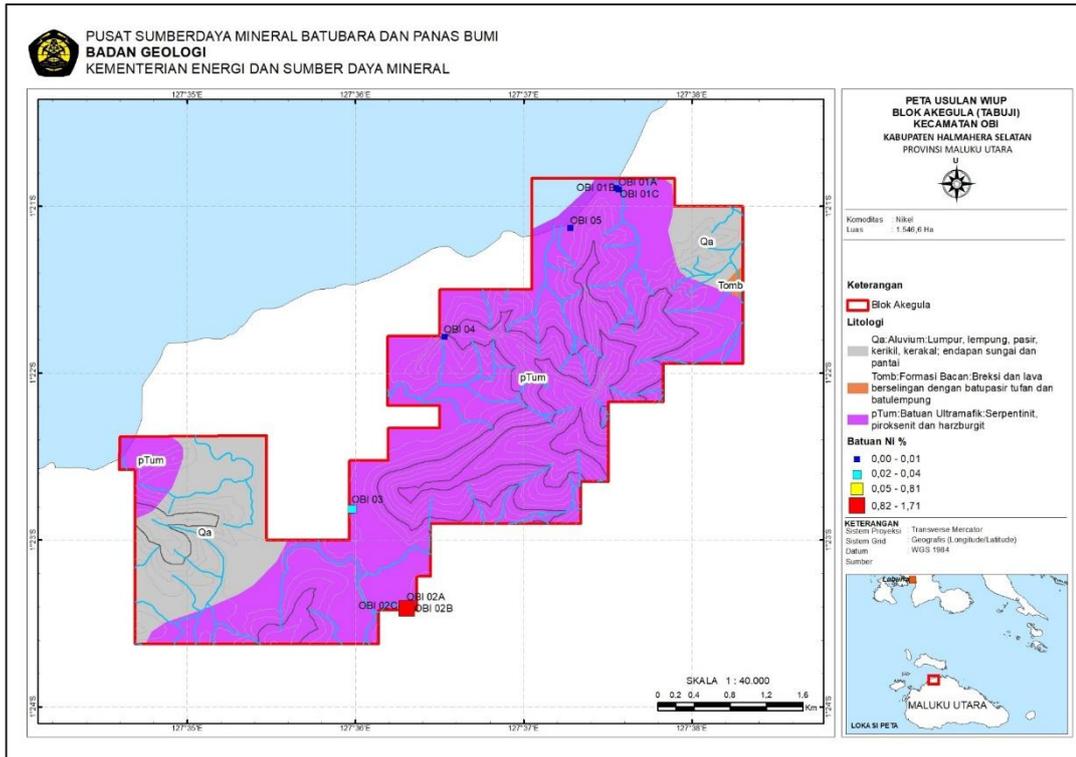
Gambar 1. Peta Lokasi Wilayah Evaluasi Daerah Prospek Mineral Logam 2022

Tabel 2. Hasil Evaluasi Daerah yang Direkomendasikan WIUP Mineral Logam

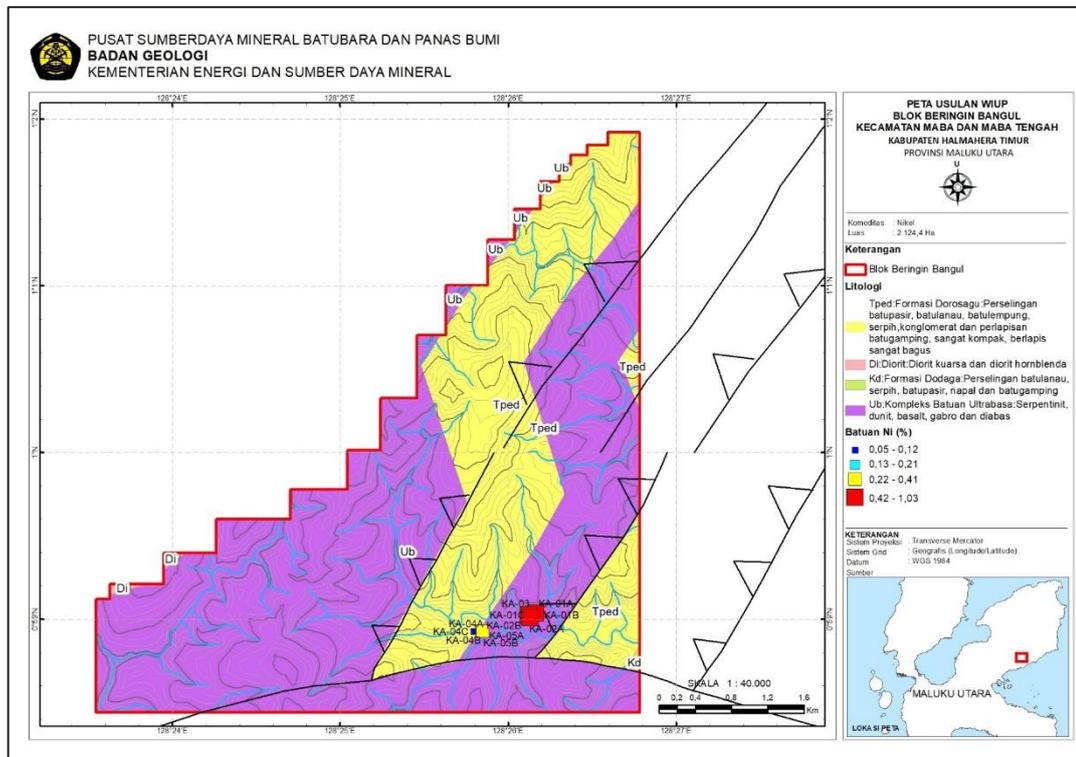
No	Lokasi Komoditas	Formasi Pembawa Logam	Hasil Evaluasi	Luas (Ha)
1	Akegula Tabuji, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara	Formasi Batuan Ultramafik (pTum) dengan litologi berupa serpentin, piroksenit dan hazburgit yang merupakan formasi pembawa logam untuk unsur Ni.	Hasil analisis kimia batuan berjumlah 9 sampel, Kadar tertinggi unsur Ni 1,71%, unsur Mn 2862 ppm dan Fe 40,68%. Kegiatan penyelidikan di Blok Akegula Tabuji masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	1.546,60
2	Beringin Bangul, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara	Formasi pembawa logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Beringin Bangul adalah (1) Kompleks Batuan Ultrabasa (Ub) dengan litologi berupa serpentin, dunit, basal dan gabro yang merupakan formasi pembawa logam untuk unsur Ni.	Hasil analisis batuan menunjukkan kadar nikel yang berkisar antara 0,05 % – 1,03 % dengan kadar unsur pengikat lain yang cukup menarik yaitu Mn (Mangan) antara 728 ppm – 6889 ppm dan Fe (besi) berkisar antara 6,96% - 30,69%. Yang cukup menarik terjadi pengkayaan unsur – unsur tersebut yang meningkat pada kedalaman antara 2 m. Kegiatan penyelidikan di Blok Beringin Bangul masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	2.124,40
3	Geltoli, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara	Formasi Batuan Ultramafik (pTum) dengan litologi berupa serpentin, piroksenit dan hazburgit yang merupakan formasi pembawa logam untuk unsur Ni.	Hasil analisis batuan menunjukkan kadar nikel yang berkisar antara 0,15 % – 0,32 % dengan kadar unsur pengikat lain yang cukup menarik yaitu Mn (Mangan) antara 781 ppm – 3176 ppm dan Fe (besi) berkisar antara 8,5% - 25,90%. Yang cukup menarik terjadi pengkayaan unsur – unsur tersebut yang meningkat pada kedalaman antara 1,6 m. Kegiatan penyelidikan di Blok Geltoli masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	6.432,19
4	Taludaa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo	Formasi pembawa logam terdiri dari adalah (1) Breksi Wobudu (Tpwv) Breksi gunungapi, aglomerat, tuf, tuf lapili dan lava berkemposisi andesitik-basaltik berumur Pliosen.	Mineralisasi tembaga daerah penyelidikan yang teramati berupa quartz vein/veinlet dengan sebagian menunjukkan tekstur quartz vein breccia dan mengandung mineral sulphide berupa pirit, sedikit kalkopirit dan arsenopirit serta jarang ditemukan pirhotit. 5 sampel batuan hasil analisis nilai tertinggi untuk unsur Au = 0,32 ppm dan 53 sampel sedimen sungai hasil analisis nilai tertinggi untuk unsur Au = 1,68 ppm. Kegiatan penyelidikan di Blok Taludaa masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode polarisasi terimbas (IP) serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui sebaran mineral logam emas di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya di wilayah usulan.	6.599

No	Lokasi Komoditas	Formasi Pembawa Logam	Hasil Evaluasi	Luas (Ha)
5	Bone, Kabupaten Bone Belango, Provinsi Gorontalo	Formasi pembawa mineral logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Bone adalah (1) Formasi Batuan Gunungapi (Tmv) berumur Miosen Awal – Miosen Tengah dengan litologi berupa Breksi Gunungapi, aglomerat dan lava yang mengandung sisipan batupasir, batulanau, serpih dan batugamping. Formasi ini merupakan formasi pembawa logam untuk unsur Au dan Cu. (2) Formasi Batuan Terobosan Granit (gr) berumur Miosen dengan litologi berupa granit yang merupakan formasi pembawa logam.	Dari 2 (dua) hasil pengambilan sampel dan analisis laboratorium dijumpai hasil potensi mineral logam jenis tembaga dan emas serta mineral ikutan lainnya dengan kadar tembaga (Cu) 5,34% - 16,58% dan emas (Au) 3,80 – 4,43 ppm. Kegiatan penyelidikan di Blok Bone masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode polarisasi terimbas (IP) serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui sebaran mineral logam tembaga dan emas di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya di wilayah usulan.	
6	Wailakum, Kabupaten Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara	Formasi pembawa mineral logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Wailakum adalah (1) Kompleks Batuan Ultrabasa (Ub); Kelompok batuan ultrabasa terdiri dari serpentinit, piroksenit dan dunit, umumnya berwarna hitam kehijauan, getas, terbreksikan, memiliki komposisi asbes dan garnierite merupakan kelompok batuan tertua di daerah ini. Satuan batuan beku basa yang terdiri dari gabro piroksen, gabro hornblende dan gabro olivin menerobos batuan ultrabasa. Satuan batuan intermediet terdiri dari diorit kuarsa dan diorit hornblende terlihat juga menerobos batuan ultrabasa pada lengan timur laut Formasi ini merupakan formasi pembawa logam untuk logam Ni (nikel).	Hasil analisis laboratorium terhadap sampel-sampel tersebut menunjukkan kadar nikel (Ni) yang berkisar antara 0.14 – 0.32 %. Kegiatan penyelidikan di Blok Wailakum masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	217
7	Bobo II, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara	Formasi Batuan Ultramafik (pTum) dengan litologi berupa serpentinit, piroksenit dan hazburgit yang merupakan formasi pembawa logam untuk unsur Ni.	Kegiatan penyelidikan di Blok Bobo II masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	538
8	Pasiang, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat	Formasi pembawa mineral logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Pasiang adalah (1) Formasi Terobosan Granit (Gr); dengan litologi utama berupa Granit Biotit berumur Kapur. Formasi ini merupakan formasi pembawa logam.	Hasil pengamatan di lapangan diketahui terdapat singkapan batuan yang didominasi oleh mineral galena dengan ukuran 1meter x 2meter dengan asosiasi mineral berupa pirit dan kalkopirit. Selain itu juga dijumpai bongkah – bongkah galena di sekitar sungai Pekadengeran dan Sungai Kalosi. Adapun dari sampel yang diambil di lapangan memiliki nilai Pb (timbal) berkisar antara 5,29% - 30,82%; sedangkan nilai Cu (tembaga) berkisar antara 0,1% - 1,59% dan unsur Zn (seng) berkisar antara 197 ppm – 16600 ppm. Kegiatan penyelidikan di Blok Pasiang masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan logam dasar di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya di wilayah usulan.	1.867,70

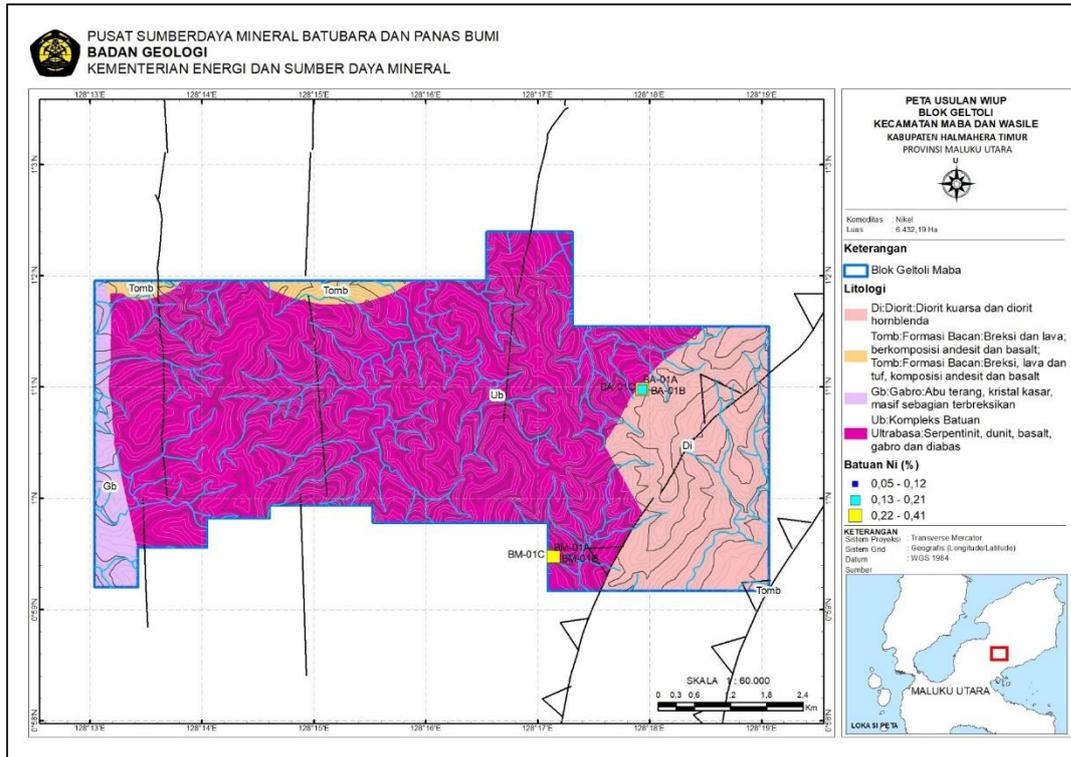
No	Lokasi Komoditas	Formasi Pembawa Logam	Hasil Evaluasi	Luas (Ha)
9	Damuli, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara	Formasi pembawa mineral logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Damuli adalah (1) Kompleks Batuan Ultrabasa (Ub); Kelompok batuan ultrabasa terdiri dari serpentin, piroksenit dan dunit, umumnya berwarna hitam kehijauan, getas, terbreksikan, memiliki komposisi asbes dan garnierite merupakan kelompok batuan tertua di daerah ini. Satuan batuan beku basa yang terdiri dari gabbro piroksen, gabro hornblende dan gabro olivin menerobos batuan ultrabasa. Satuan batuan intermediet terdiri dari diorit kuarsa dan diorit hornblende terlihat juga menerobos batuan ultrabasa pada lengan timur laut Formasi ini merupakan formasi pembawa logam untuk logam Ni (nikel).	Data yang digunakan dalam evaluasi usulan WIUP Blok Damuli, mencakup data dari laporan Penyelidikan Logam Nikel tahun 2021. Ditinjau dari aspek teknis yang telah dievaluasi, usulan lokasi WIUP dianggap menunjukkan adanya tipe laterit dengan kadar Ni hingga 0,73 %. Kegiatan penyelidikan di Blok Damuli masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan. Data yang digunakan dalam evaluasi usulan WIUP Blok Damuli, mencakup data dari laporan Penyelidikan Logam Nikel tahun 2021. Ditinjau dari aspek teknis yang telah dievaluasi, usulan lokasi WIUP dianggap menunjukkan adanya tipe laterit dengan kadar Ni hingga 0,73 %. Kegiatan penyelidikan di Blok Damuli masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika	1.203
10	Marimoi, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara	Formasi pembawa mineral logam yang terdapat pada wilayah usulan WIUP Blok Marimoi adalah (1) Kompleks Batuan Ultrabasa (Ub); Kelompok batuan ultrabasa terdiri dari serpentin, piroksenit dan dunit, umumnya berwarna hitam kehijauan, getas, terbreksikan, memiliki komposisi asbes dan garnierite merupakan kelompok batuan tertua di daerah ini. Satuan batuan beku basa yang terdiri dari gabbro piroksen, gabro hornblende dan gabro olivin menerobos batuan ultrabasa. Satuan batuan intermediet terdiri dari diorit kuarsa dan diorit hornblende terlihat juga menerobos batuan ultrabasa pada lengan timur laut Formasi ini merupakan formasi pembawa logam untuk logam Ni (nikel).	Hasil analisis laboratorium terhadap sampel-sampel tersebut menunjukkan kadar nikel (Ni) yang berkisar antara 1,04 %. Nilai kadar Ni tersebut relatif kecil, hal ini menunjukkan pada lokasi pengambilan sampel tersebut masih terdapat pada bagian atas zona/horizon dari profil laterit Ni. Sehingga belum terdapat pengkayaan terhadap unsur Ni. Diperlukan pengambilan sampel dengan lebih dalam lagi sehingga didapat pada saprolit. Adapun nilai kadar dari unsur pengikut lainnya seperti Fe dengan nilai 44,7%. Kegiatan penyelidikan di Blok Marimoi masih perlu ditindaklanjuti dengan tingkat eksplorasi yang lebih detil berupa pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan tanah lebih sistematis dengan menggunakan metode sumur uji. Selain itu nantinya dapat dilanjutkan dengan pengukuran geofisika dengan metode georadar serta dapat dilanjutkan uji bor geologi jika memungkinkan untuk mengetahui pengkayaan laterit nikel di bawah permukaan agar diperoleh nilai sumberdaya nikel laterit di wilayah usulan.	4.121



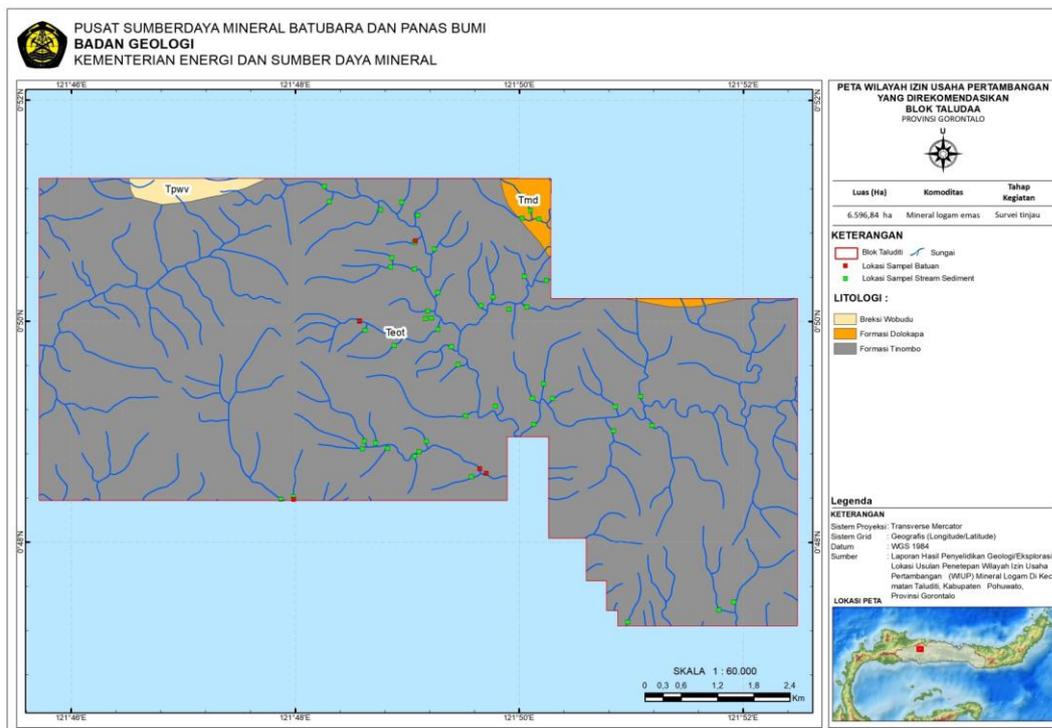
Gambar 2. Peta Usulan WIUP Blok Akegula Tabuji, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara



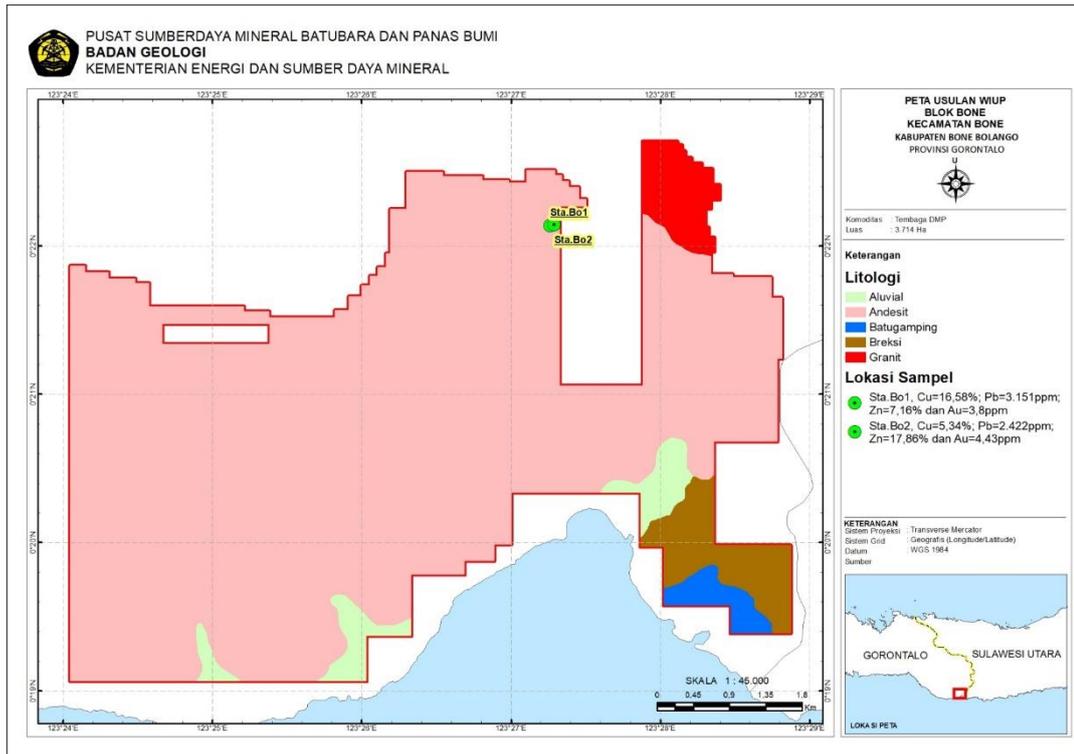
Gambar 3. Peta Usulan WIUP Blok Beringin Bangul, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara



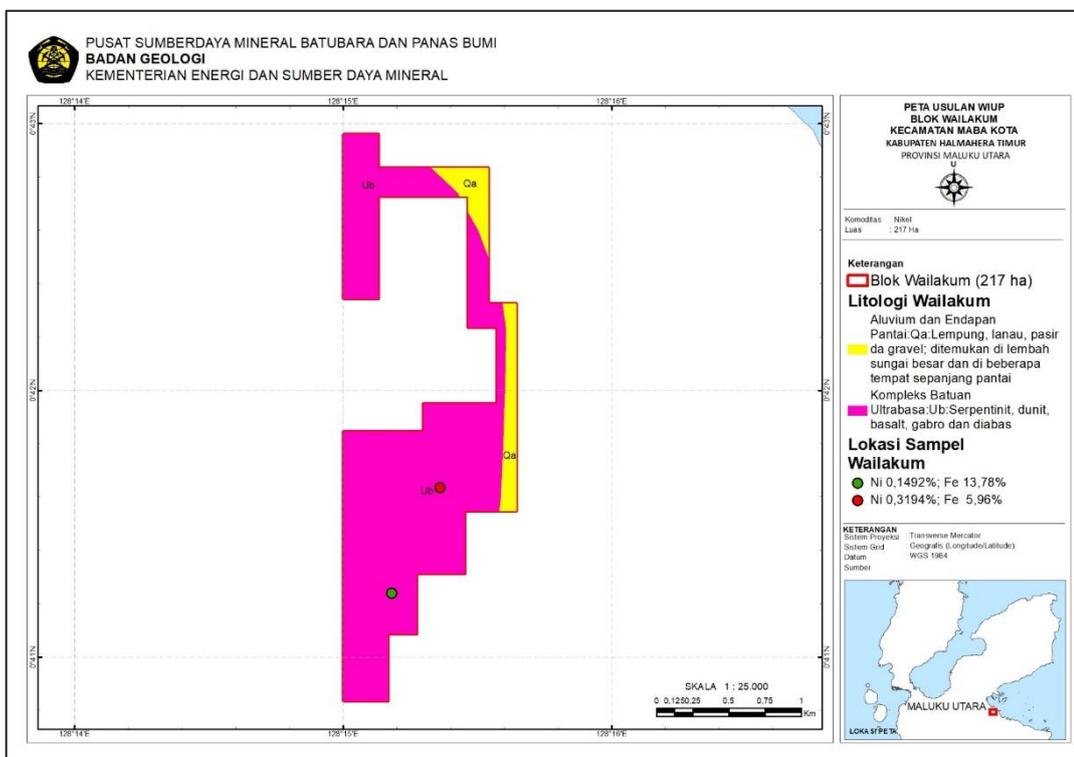
Gambar 4. Peta Usulan WIUP Blok Geltoli, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara



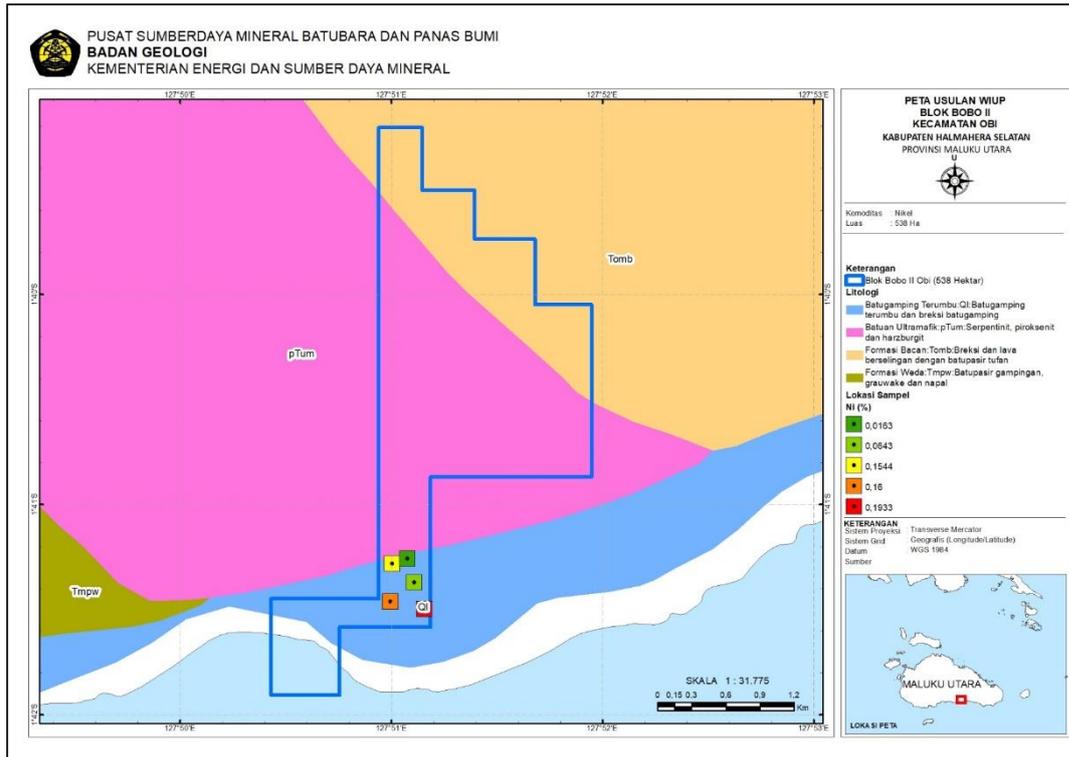
Gambar 5. Peta Usulan WIUP Blok Taludaa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo



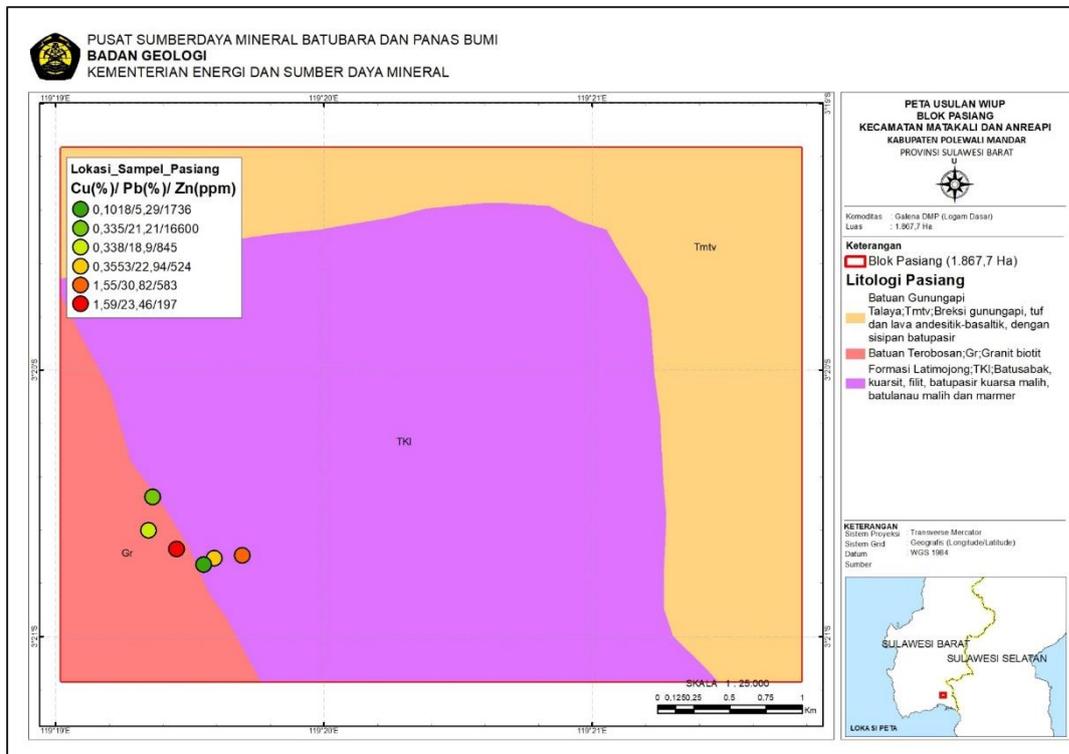
Gambar 6. Peta Usulan WIUP Blok Bone Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo



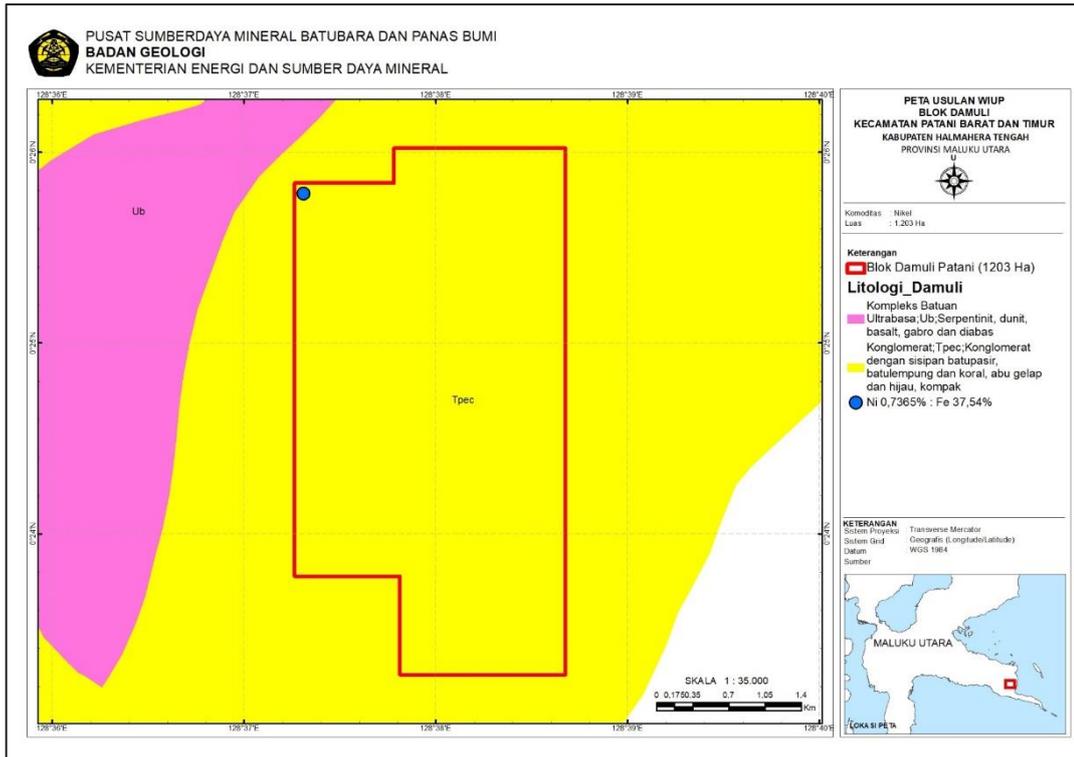
Gambar 7. Peta Usulan WIUP Blok Wailakum, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara



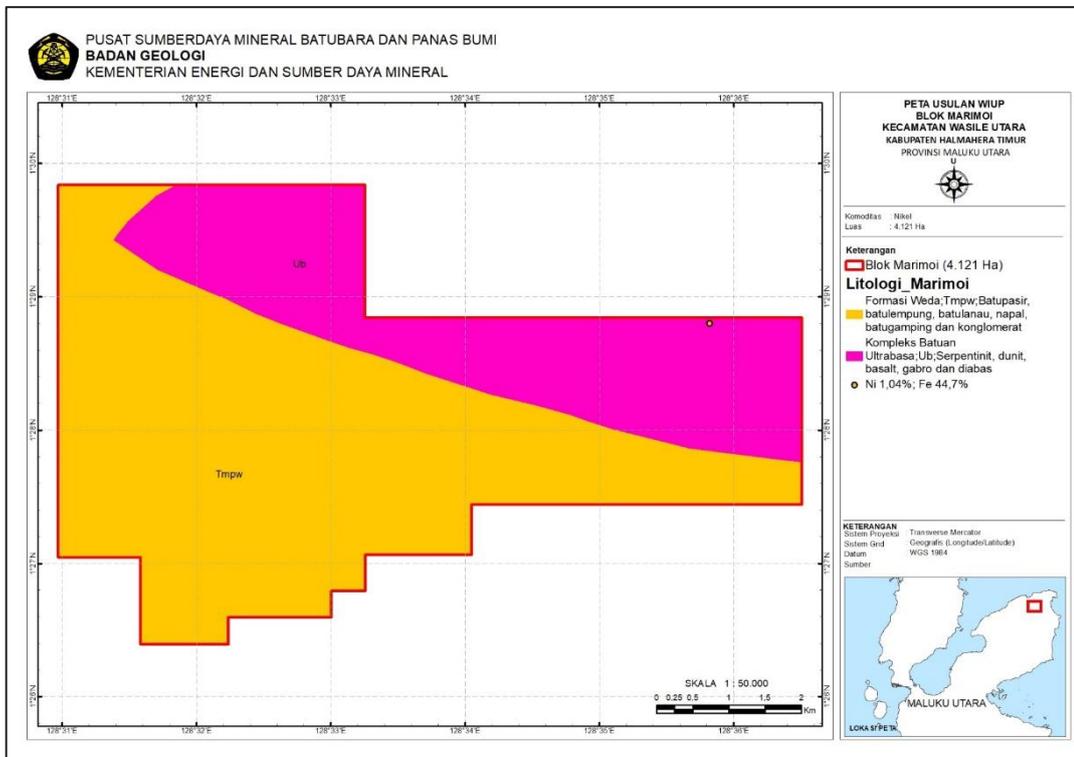
Gambar 8. Peta Usulan WIUP Blok Bobo II, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara



Gambar 9. Peta Usulan WIUP Blok Pasiang, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat



Gambar 10. Peta Usulan WIUP Blok Damuli, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara



Gambar 11. Peta Usulan WIUP Blok Marimoi, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi teknis dari sejumlah wilayah yang diusulkan, didapatkan 10 blok wilayah prospek yang terdapat pada 6 Kabupaten di 3 provinsi.

SARAN

Hasil evaluasi wilayah keprospekan yang dilakukan Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi ini diharapkan dapat dijadikan WIUP untuk

tahapan IUP eksplorasi yang akan dilelang oleh Pemerintah, sehingga dapat menarik investor untuk melakukan usaha pertambangan mineral.

Pemerintah Daerah diharapkan agar memanfaatkan peluang ini sehingga proses lelang dapat diharapkan agar memanfaatkan peluang ini sehingga proses lelang dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Akegula dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Beringin Lamo dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Geltoli dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2022, Laporan Hasil Penyelidikan Geologi/Eksplorasi, Lokasi Usulan Penetapan Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) Mineral Logam Di Kecamatan Taluditi, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo, Pemerintah Provinsi Gorontalo.
- Anonim, 2022, Laporan Studi Potensi Usulan Penetapan WIUP Desa Taludaa dan sekitarnya Kecamatan Bone, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo, Pemerintah Provinsi Gorontalo.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Wailakum dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Bobo II dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Damuli dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.
- Anonim, 2021, Laporan Penyelidikan Logam Nikel Daerah Marimoi dan Sekitarnya, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara, Sofifi.

- Hanismah, A., Husein, J.R., Nawawi, N., 2014, Mineragrafi Mineralisasi Galena (PbS) Daerah Tabone Desa Pasiang Kec Matakali Kab Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat, Jurnal Geomine vol 01 April 2015 pp 22-30.
- Kepmen ESDM No 1798 K 30 MEM tahun 2018. mengenai pedoman pelaksanaan penyiapan, penetapan dan pemberian wilayah izin usaha pertambangan dan wilayah izin usaha pertambangan khusus mineral dan batubara.
- Kepmen ESDM No 224.K/MB.01/MEM.B/2022. Mengenai Formula Perhitungan Kompensasi Data Informasi Wilayah Izin Usaha Pertambangan dan Wilayah Izin Usaha Pertambangan Khusus.
- Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2011. Tentang Tata Cara Penetapan WUP dan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 12 Tahun 2011. Tentang Tata Cara Penetapan Wilayah Usaha Pertambangan dan Sistem Informasi Wilayah Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 28 Tahun 2013. Tentang Tata Cara Lelang WIUP dan WIUPK pada kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Logam dan Batubara.
- Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2010. Tentang Wilayah Pertambangan.
- Ratman, Dkk, 1995. Peta Geologi Mamuju, Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Undang Undang no 4 Tahun 2009. Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Undang Undang no 3 Tahun 2020. Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

EVALUASI BATUAN PEMBAWA LOGAM TANAH JARANG DI KALIMANTAN BARAT**Sulaeman, Agata Vanessa K, John Mauritz, dan Wawan Setiyawan**

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Ketersediaan bahan dasar mineral merupakan kebutuhan mendasar bagi perkembangan peradaban manusia. Seiring perkembangan industry dan teknologi kebutuhan akan mineral terutama mineral logam selain bertambah dalam jumlah juga dalam jenis mineral tersebut. Kegiatan evaluasi ini dilakukan dengan pengambilan data primer dengan melakukan kegiatan uji petik lapangan untuk pengambilan sampel di daerah Kabupaten Melawi dan Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan kompilasi data keterdapatan logam tanah jarang (LTJ) pada batuan pembawa LTJ di daerah Kalimantan Barat guna mengetahui kandungan LTJ pada batuan dan lapukannya. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menentukan daerah target dan metode penyelidikan untuk kegiatan eksplorasi selanjutnya.

Kegiatan uji petik dilakukan di dua daerah yaitu Kabupaten Melawi dan Kabupaten Ketapang. Hal ini untuk mendapatkan data primer berupa pengambilan sampel baik berupa *soil* dan juga batuan. Pengambilan sampel *soil* dilakukan dengan melakukan torehan pada daerah bukaan dengan pengambilan sampel interval 1-2 meter dan/atau berdasarkan litologi/horizon *soil*.

Analisis laboratorium fisika dan kimia dilakukan untuk mengetahui karakteristik logam tanah jarang dan juga batuan pembawanya. Analisis laboratorium meliputi petrografi, XRF dan ICP-MS.

Secara geologi regional daerah uji petik di Kabupaten Melawi tersusun oleh Kompleks Metasedimen Pinoh dan Granit Sukadana. Kompleks metasediment pinoh berupa tuf yang terubah. Batuan Granit Sukadana berupa batuan granit yang termasuk tipe-S. Sebanyak 11 sampel batuan telah dilakukan analisis unsur logam tanah jarang dengan nilai rentang total LTJ 18,55 ppm hingga 452,6 ppm. Pada sampel batuan granit tersebut berdasarkan hasil analisis micro XRF menunjukkan teridentifikasinya mineral pembawa logam tanah jarang berupa apatit. Sebanyak 14 sampel *soil* dari 10 titik lokasi *channeling* didapat nilai total logam tanah jarang (Σ REE) berkisar antara 57,83 – 497,38 ppm.

Pada Kabupaten Ketapang, terdapat 3 (tiga) batuan granit yaitu Granit Sukadana, Granit Belaban dan Granit Sangiyang. Nilai rentang total LTJ (Σ REE) pada batuan granit Sukadana berkisar 38,85 ppm hingga 155,78 ppm. Pada granit Belaban, nilai total LTJ berkisar 195,93 – 266,88 ppm. Pada granit Sangiyang, nilai total LTJ yaitu 269,22 ppm. Pada

batuan metasedimen Malihan Pinoh, nilai total LTJ berkisar 165,26 hingga 242,9 ppm. Nilai total logam tanah jarang (Σ REE) pada tanah pelapukan granit Sukadana berkisar antara 36,97 – 140,57 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan granit Belaban berkisar antara 54,44 – 113,33 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan granit Sangiyang yaitu 202,72 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan metasedimen Malihan Pinoh berkisar antara 74,42 – 145,39 ppm.

Pada daerah yang menjadi target penyelidikan selanjutnya yaitu pada daerah Rirang-Kalan dilakukan penyelidikan pendahuluan dengan melakukan pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan juga lapukannya dengan melakukan pemboran dengan *hand auger* atau *ridge and spurs* dan/atau *testpit* untuk mengetahui kondisi horizon tanah dan kandungan nilai logam tanah jarang pada daerah tersebut.

Kata kunci: Logam Tanah Jarang, LREE, HREE, target penyelidikan daerah prospek

PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan dasar mineral merupakan kebutuhan mendasar bagi perkembangan peradaban manusia. Seiring perkembangan industry dan teknologi kebutuhan akan mineral terutama mineral logam selain bertambah dalam jumlah juga dalam jenis mineral tersebut.

Di era globalisasi dan dengan daya saing yang tinggi, sangat penting bagi industry untuk mengurangi biaya produksi yang inline dengan meningkatkan nilai tambah dari produk. Penting juga bagi industry untuk memiliki pasokan yang sempurna dengan mengetahui adanya komponen utama dari sumber mineral-mineral strategis yang keberadaannya masuk ke dalam kategori kritis/langka (critical raw materials/CRM) agar industry tetap berkelanjutan (Grilli, M dkk, 2017).

Logam tanah jarang dapat berasal dari beberapa jenis tipe endapan yang secara umum bisa dikelompokkan ke

dalam endapan primer dan sekunder. Kondisi geologi di Indonesia sangat memungkinkan untuk terbentuknya endapan-endapan logam tanah jarang. Saat ini di Indonesia teridentifikasi 3 tipe endapan logam tanah jarang yaitu endapan primer yang berasosiasi dengan batuan beku *alkaline-peralkaline*, endapan sekunder lateritik, *placer monazite dan xenotime* sebagai mineral ikutan dari tambah timah plaser dan endapan yang terbawa pada regolith (ion-adsorption) (Setiadji, 2015). Disamping itu, batuan granit dan lapukannya teridentifikasi sebagai sumber utama logam tanah jarang di Indonesia, khususnya di bagian barat Sumatera Utara. Persebaran yang luas dari batuan granit dan lapukannya di Indonesia mengindikasikan adanya potensi yang besar sebagai sumber utama logam tanah jarang.

Kegiatan evaluasi ini dilakukan dengan pengambilan data primer dengan

melakukan kegiatan uji petik lapangan untuk pengambilan sampel di daerah Kabupaten Melawi dan Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Kegiatan ini dimaksudkan untuk melakukan kompilasi data keterdapatan logam tanah jarang (LTJ) pada batuan pembawa LTJ di daerah Kalimantan Barat guna mengetahui kandungan LTJ pada batuan dan lapukannya. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menentukan daerah target dan metode penyelidikan untuk kegiatan eksplorasi selanjutnya.

METODOLOGI

a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data-data sekunder mengenai batuan pembawa LTJ dan lapukannya. Data-data berupa sebaran keterdapatan LTJ di Indonesia, hasil penyelidikan atau penelitian batuan pembawa LTJ di Indonesia khususnya di Kalimantan Barat, baik dari hasil penyelidikan atau penelitian dari internal PSDMBP ataupun dari luar PSDMBP.

b. Uji Petik Lapangan

Kegiatan uji petik merupakan kegiatan untuk memperoleh data-data primer dari beberapa lokasi daerah terpilih untuk pengambilan sampel. Pengambilan sampel dari lokasi terpilih dilakukan pada batuan pembawa LTJ dan juga lapukannya. Laterit yang diambil

dilakukan dengan pembuatan sumur uji atau *channeling* pada bukaan lahan atau bor dangkal dengan *hand auger*.

c. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium terhadap sampel yang diambil dari kegiatan uji petik lapangan meliputi:

- Petrografi untuk mengetahui komposisi mineral dan penamaan jenis batuan, dilakukan di Laboratorium PSDMBP.
- XRD untuk mengetahui jenis dan kuantitas mineral-mineral penyusun endapan laterit, dilakukan di Laboratorium Tekmira.
- Micro-XRF untuk identifikasi dan karakterisasi mineral, dilakukan di Laboratorium BATAN.
- XRF untuk mengetahui komposisi *major elements* dilakukan di Laboratorium PSDMBP.
- ICP-MS untuk mengetahui kandungan *trace-* dan *rare earth-elements* dilakukan di Laboratorium PSDMBP dan/atau laboratorium luar (Intertek).

d. Pengolahan Data

Hasil kegiatan uji petik dan analisis laboratorium dilakukan evaluasi dan interpretasi data mengenai kualitas dan karakteristik dari

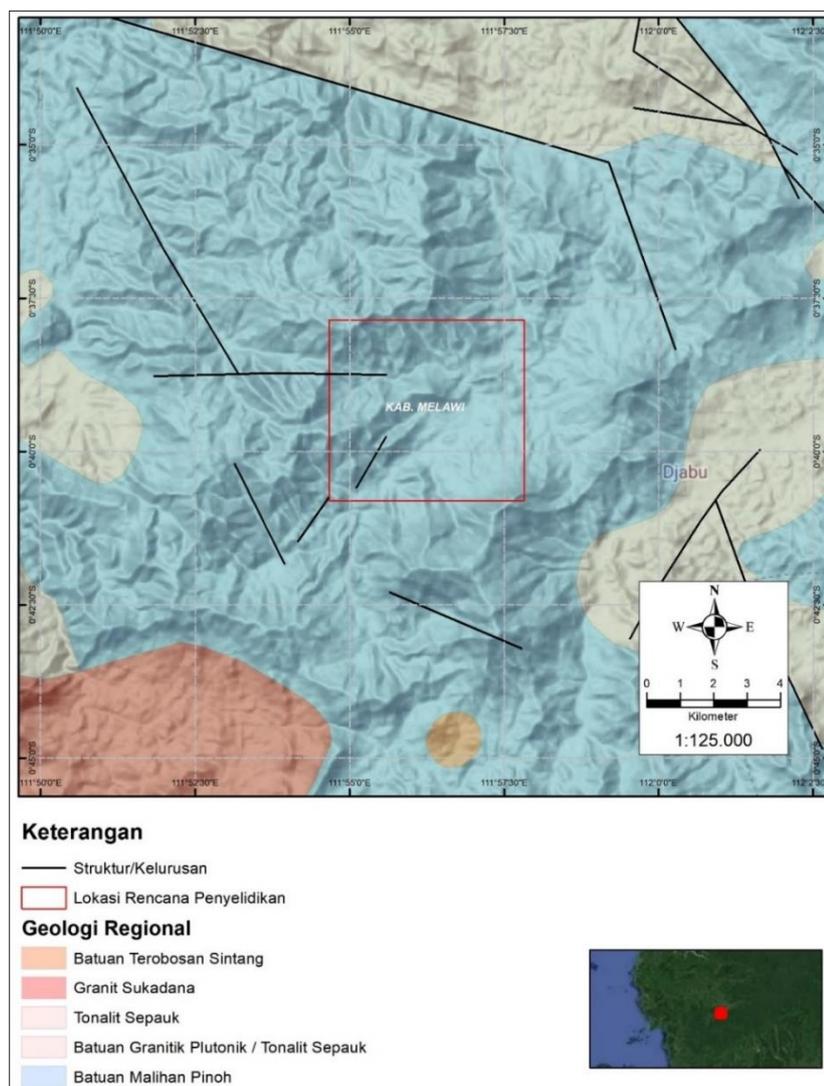
kandungan LTJ tersebut baik pada batuan dan lapukannya sehingga dapat dijadikan dasar rekomendasi untuk arah kegiatan penyelidikan selanjutnya.

GEOLOGI REGIONAL

Kabupaten Melawi

Batuan metamorf yang terdapat pada Pegunungan Schwanner disebut Batuan Malihan Pinoh (PzTrp), batuan ini diintrusi oleh tonalit/granitoid berumur Kapur Awal yang masuk pada periode

kegiatan magmatic Kelompok Tonalit Sepauk. Kegiatan magmatic ini menghasilkan intrusi granitoid dengan tipe monzogranite-granodiorit. Hubungan tipe granitoid dan tinalit di daerah tersebut adalah berangsur, hal ini menandakan terdapatnya liniasi maupun foliasi yang lemah, sedangkan pada bagian tepi lebih kuat terutama pada bagian yang berasosiasi dengan migmatite dan batuan metamorf derajat tinggi (Tjokrokardono, Lilik dan Widodo, 2006).



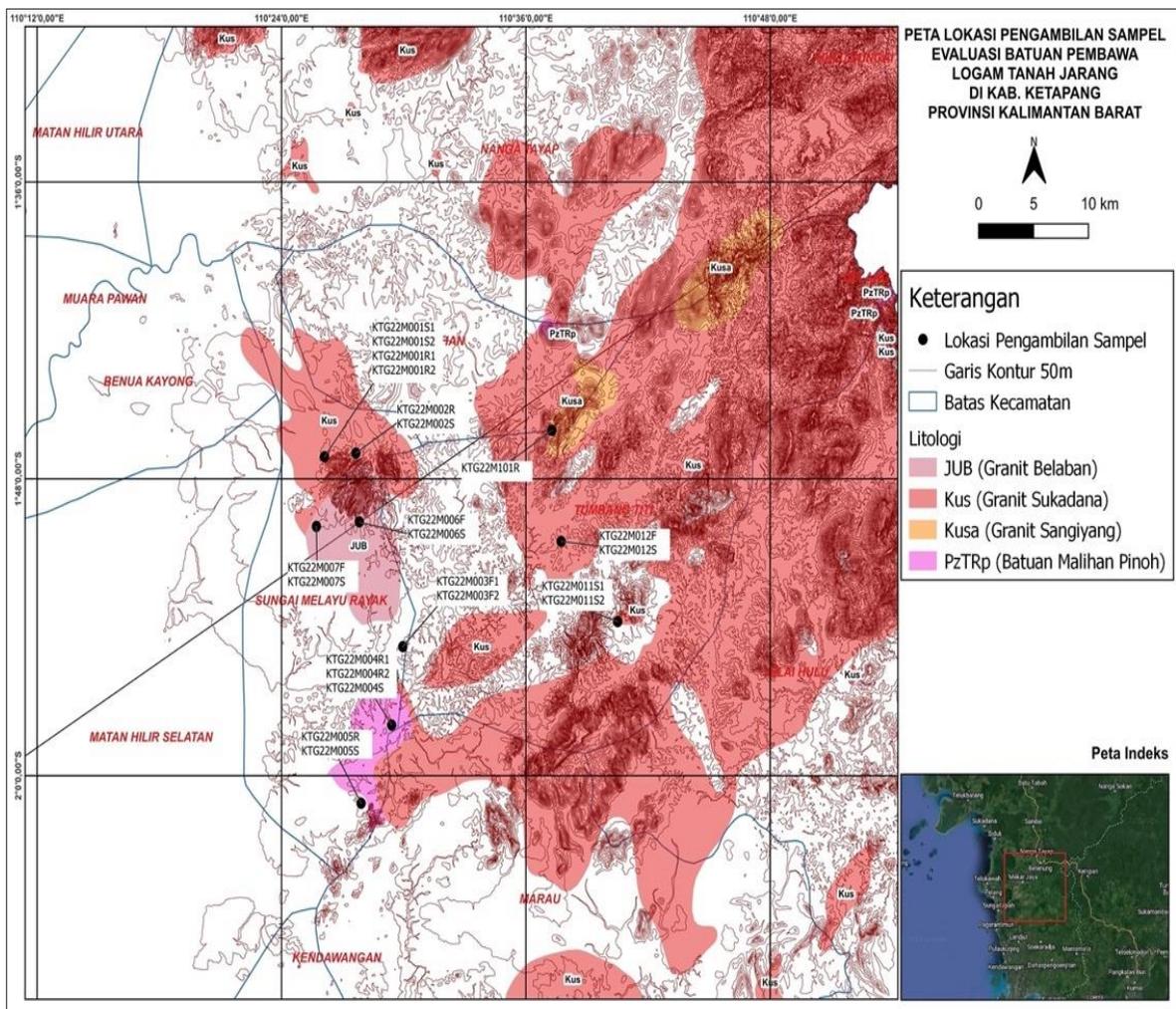
Gambar 1. Peta geologi regional kegiatan uji petik di daerah Kabupaten Melawi

Kabupaten Ketapang

Secara litologi daerah kegiatan uji petik lapangan di daerah Kabupaten Ketapang dilakukan pada empat formasi batuan diantaranya Granit Sukadana, Granit Belaban, Granit Sangiyang dan Batuan Malihan Pinoh.

Granit Sukadana (Kus) disusun oleh granit, granodiorit dan diorit granit, kelabu kemerahan, terdiri dari kuarsa, plagioklas, horeblendanda dan biotit dengan Umur Kapur Atas. **Granit Belaban (JUB)** disusun oleh monzonite kuarsa dan

monzodiorit kuarsa dengan hornblend dan biotit terubah. Satuan ini memiliki umur Jura Atas. **Granit Sangiyang (JUB)** disusun oleh granofirik leukokratik berbutir halus dan pertitik alkali-feldspar dengan tekstur alotriomorfik di Bukit Sangiyang. Umur formasi batuan tersebut Kapur Atas. **Batuan Malihan Pinoh (PzTrp)** disusun oleh sekis muskovit-kuarsa, batusabak, batutanduk, sedikit metatuf dan kuarsit. Satuan ini merupakan satuan paling tua di daerah penyelidikan dengan umur Paleozoikum-Trias.



Gambar 2. Peta geologi regional daerah uji petik lapangan Kabupaten Ketapang

HASIL

Kegiatan Uji Petik

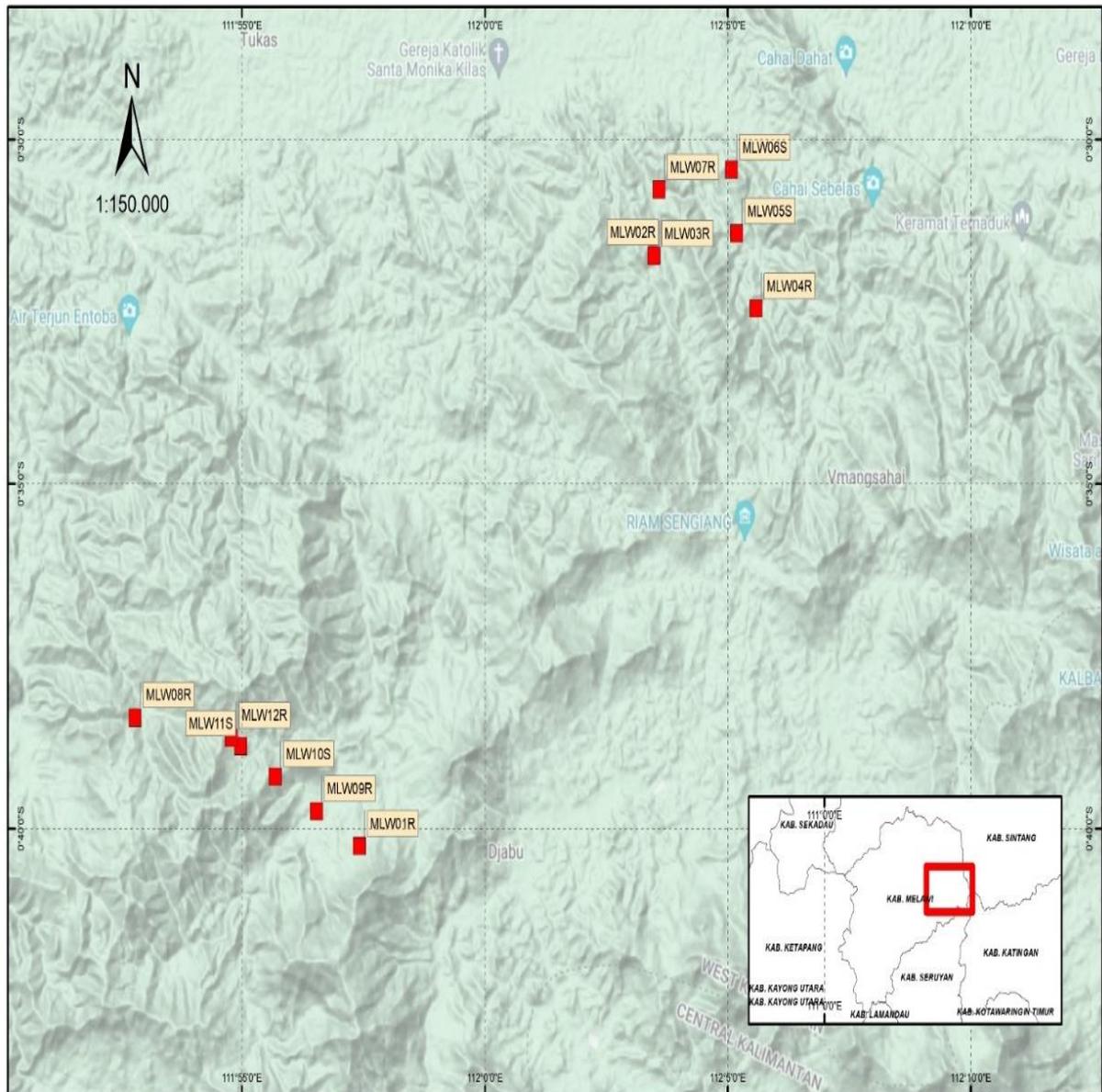
Kabupaten Melawi

Dari kegiatan uji petik lapangan di daerah Kabupaten Melawi terkumpul sebanyak 11 sampel batuan dan 14 sampel sampel *soil*. Pengambilan sampel di daerah Kabupaten Melawi dilakukan pada sampel *soil* dan sampel batuan. Proses pengambilan sampel batuan dilakukan pengamatan sampel pada *outcrop* untuk mengetahui karakteristik secara megaskopis batuan tersebut. Pengambilan sampel batuan dilakukan guna untuk

dilakukan analisis laboratorium baik fisika maupun kimia. Pengambilan sampel *soil* dilakukan pada lokasi bukaan dengan metode pengambilan sampel berupa *channeling*. Pengambilan sampel tersebut dilakukan pada perubahan profil tanah secara fisik, komposisi mineral dan/atau horizon tanah. Pengambilan sampel *soil* umumnya dilakukan pada horizon B. Pada bagian horizon tanah yang tebal sampel di ambil setiap 1 – 2 meter. Sebaran *soil* di daerah kegiatan uji petik umumnya merupakan produk hasil pelapukan dari batuan induk berupa Batuan Malihan Pinoh dan juga Granit Sukadana.



Gambar 3. Pengambilan sampel pada daerah bukaan dengan *channeling* di daerah Kabupaten Melawi



Gambar 4. Peta lokasi pengambilan sampel di daerah Kabupaten Melawi

Kabupaten Ketapang

Pengambilan sampel pada Kabupaten Ketapang dilakukan pada 4 (empat) formasi batuan Granit Sukadana, Granit Belaban, Granit Sangiyang dan Malihan Pinoh.

Granit Sukadana

Singkapan tanah dan batuan granit Sukadana dapat dilihat pada Gambar 5.

Batuan Granit Sukadana mempunyai ciri – ciri berwarna abu – abu kemerahan, faneritik – porfiritik, terdiri dari mineral kuarsa, orthoklas, plagioklas, hornblende, biotit. Sedangkan tanah yang merupakan hasil dari pelapukan batuan granit Sukadana mempunyai ciri – ciri berwarna coklat merah kekuningan, pasir lempungan, lembab, terdapat kerakal kuarsa 10 – 20%.

Granit Belaban

Batuan Granit Belaban mempunyai ciri – ciri berwarna abu – abu kemerahan, faneritik – porfiritik, terdiri dari mineral kuarsa, hornblende dan orthoklas yang berbutir halus. Sedangkan tanah yang

merupakan hasil dari pelapukan batuan granit Belaban mempunyai ciri – ciri berwarna coklat keabuan, pasir lempungan, lembab, terdapat kerakal kuarsa (Gambar 6).



Gambar 5. Singkapan tanah dan batuan Granit Sukadana di Kabupaten Ketapang



Gambar 6. Tanah lapukan Granit Belaban di Kabupaten Ketapang

Granit Sangiyang

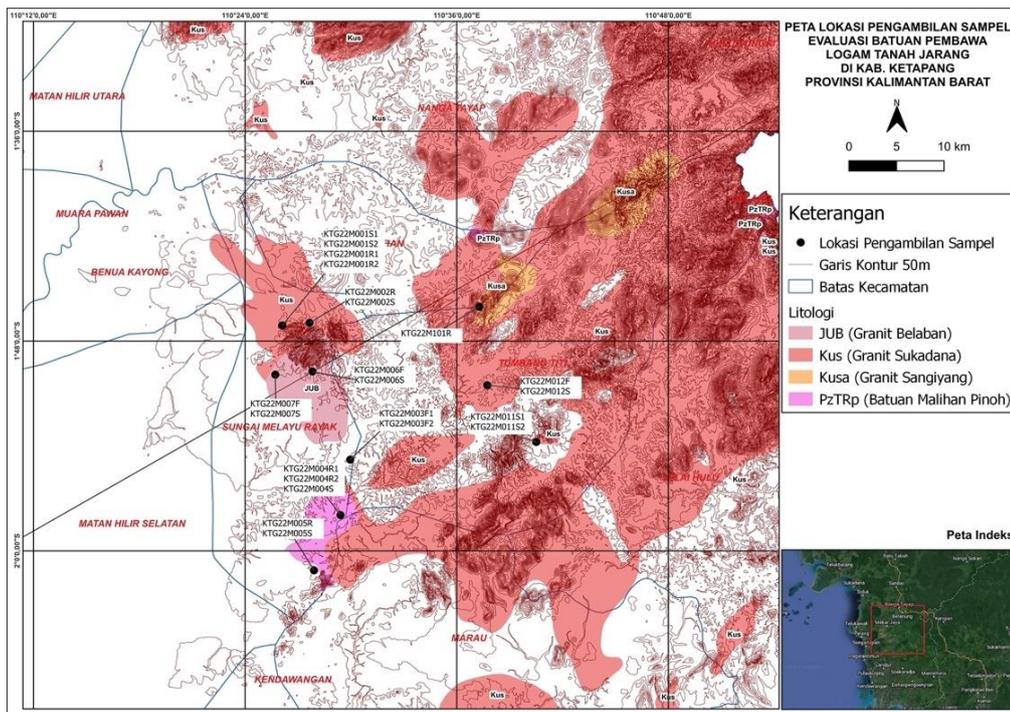
Batuan Granit Sangiyang mempunyai ciri – ciri berwarna abu – abu kemerahan, faneritik – porfiritik, terdiri dari mineral kuarsa, orthoklas, plagioklas, hornblenda. Tanah pelapukan granit Sangiyang mempunyai ciri – ciri berwarna coklat keabuan, pasir lempungan, lembab, terdapat kerakal kuarsa.

Batuan Malihan Pinoh

Singkanan tanah dan batuan dari formasi Batuan Malihan Pinoh dapat dilihat pada Gambar 7. Batuan pada formasi Batuan Malihan Pinoh yaitu batuan metasedimen berwarna abu-abu kehitaman, bertekstur foliasi dengan mineral penyusun kuarsa, plagioklas dan mika.



Gambar 7. Singkanan batuan metasediment Formasi Batuan Malihan Pinoh dan tanah lapukannya di Kabupaten Ketapang



Gambar 8. Peta lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Ketapang

PEMBAHASAN

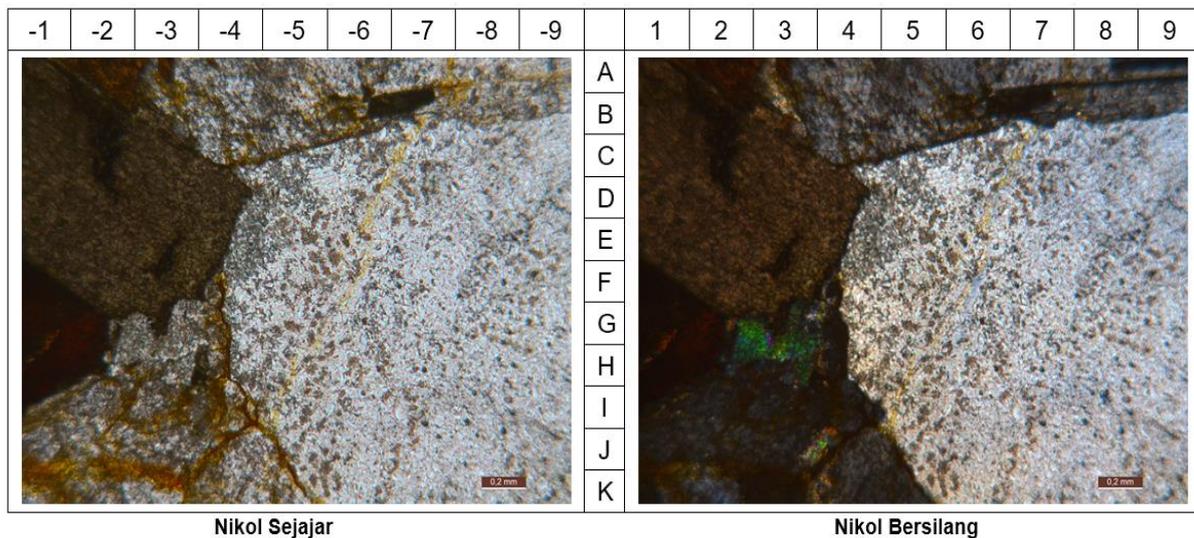
Kabupaten Melawi

Geokimia Batuan

Pada daerah Kalan terdapat cekungan sedimenter yang disebut sebagai Cekungan Kalan yang terdiri atas sedimen Permo-Karbon berbutir kasar-halus yang mengalami metamorfosis tingkat rendah. Batuan ini disebut sebagai batuan metamorf Pinoh yang berumur Paleozoikum (Tate, 1991) hingga Trias (Pieter dan Santoyo, 1989). Berdasarkan analisis radiometri U-Pb zirkon yang dilakukan oleh (Davies, Hall dan Armstrong, 2014) batuan tersebut menunjukkan protolit vulkanogenik yang berumur Kapur Awal kemudian diintrusi oleh Granitoid Schwaner sehingga mengalami metamorfosis kontak. Proses

metamorfosis tersebut menghasilkan mineral *hornfels* kordierit-andalusit-silimanit dan *hornfels* andalusit-silimanit (Setiawan dkk, 2013).

Sebanyak 7 sampel batuan telah dilakukan analisis petrografi sayatan tipis. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan batuan dari lokasi kegiatan uji petik lapangan berupa tuf terubah dan juga granit. analisis petrografi menunjukkan batuan granit dengan karakteristik pada sayatan tipis tersebut menunjukkan tekstur holokristalin, *hipidiomorfik granular*, berukuran butir hingga 3,5 mm, bentuk kristal subhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral kuarsa (46), ortoklas (20), plagioklas (15), hornblenda (4), biotit (3), muskovit (8), klorit (3), dan opak (1) (Gambar 9).



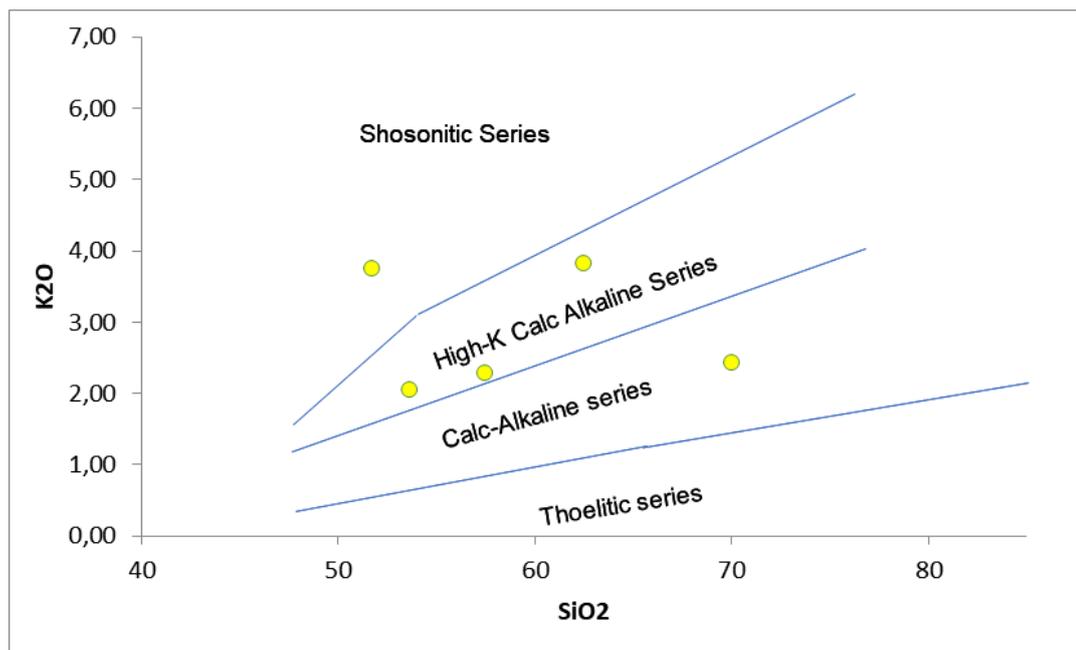
Gambar 9. Fotomikrograf dari batuan granit (MLW08R2) disusun oleh mineral kuarsa (D-K,5-9), ortoklas (J,1-3), plagioklas (B,8), hornblenda (A-F,1-3), biotit (G,1), muskovit (H,3), klorit (K,-3), dan opak (H,-4)

Hasil analisis petrografi terhadap sampel batuan yang diperoleh dari daerah Kabupaten Melawi menunjukkan batuan tuf terubah dan juga batuan granit. Penentuan penamaan batuan juga dilakukan dengan melakukan analisis dari hasil analisis laboratorium dengan XRF. Analisis *major element* dilakukan dengan melakukan pengeplotan pada total alkali silika (TAS) untuk penentuan jenis batuan.

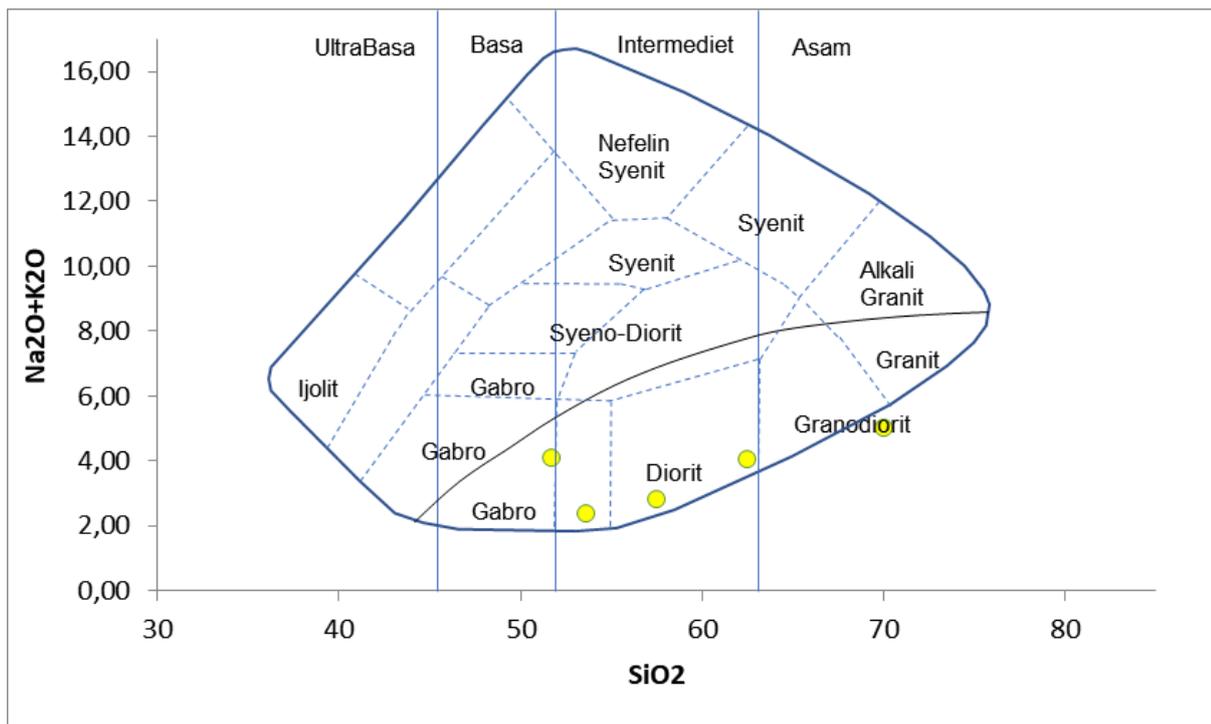
Afinitas magma pembentukan batuan granit di daerah Kabupaten Melawi, dapat diketahui dengan nilai kandungan unsur-unsur *major element* pada batuan seperti SiO_2 , Na_2O , K_2O , MgO dan FeO . Analisis afinitas magma pada daerah penyelidikan ini menggunakan diagram afinitas magma. *Plotting* sampel batuan granit daerah penyelidikan pada diagram afinitas magma, SiO_2 terhadap K_2O , menurut Pecerrilo dan Taylor (1976) dalam

Rollinson (1993), menunjukkan bahwa pembentukan granit di daerah penyelidikan sebagian besar menunjukkan afinitas magma *High-K Calc Alkaline Series* kemudian beberapa sampel termasuk ke dalam *Shosonitic Series* dan juga *Calc-Alkaline Series* (Gambar 10).

Penentuan jenis batuan juga dapat dilakukan dengan menggunakan data *major element* utama seperti SiO_2 , K_2O dan Na_2O . Diagram klasifikasi yang digunakan adalah Diagram Total Alkali Silika (TAS) menurut Cox., dkk (1979) dan Middlemost (1994). Berdasarkan *plotting* data tersebut, sebagian besar afinitas magma di daerah Kabupaten Melawi berupa batuan asam yang pada umumnya berupa granodiorite. Sedangkan pada beberapa sampel termasuk ke dalam batuan intermediet berupa *diorite* (Gambar 11).



Gambar 10. Diagram afinitas magma granitoid daerah Kabupaten Melawi (diagram mengikuti Pecerrilo dan Taylor, 1976 dalam Rollinson, 1993)



Gambar 11. Plotting SiO₂ vs Na₂O+K₂O pada diagram TAS (Cox., dkk, 1979)

Komposisi Logam Tanah Jarang

Analisis laboratorium telah dilakukan terhadap sampel-sampel yang didapat dari kegiatan uji petik lapangan baik berupa sampel batuan maupun *soil* atau lapukan dari batuan tersebut. Analisis laboratorium tersebut meliputi XRF, ICP-MS, Micro XRF dan petrografi. Dari data *major element* dapat diketahui derajat pelapukan pada lapisan lapukan di daerah lokasi kegiatan. Perhitungan nilai indeks CIA (*chemical index of alteration*) melibatkan *major element* sebagai produk utama dari pelapukan seperti Al₂O₃, CaO, K₂O dan Na₂O dalam molar (Tabel 1). Pada nilai CIA tersebut tingkat pelapukan pada sampel-sampel yang didapat dari kegiatan uji petik lapangan termasuk ke dalam pelapukan yang kuat (*strong weathering*) (Gambar 12).

Dengan memperhatikan data dari hasil analisis senyawa oksida atau *major element* dalam penentuan derajat pelapukan dengan diagram CIA dan adanya kelimpahan mineral-mineral lempung serta kenampakan megaskopis dari kegiatan lapangan menunjukkan umumnya pengambilan sampel *soil* beradap pada horizon A dan B.

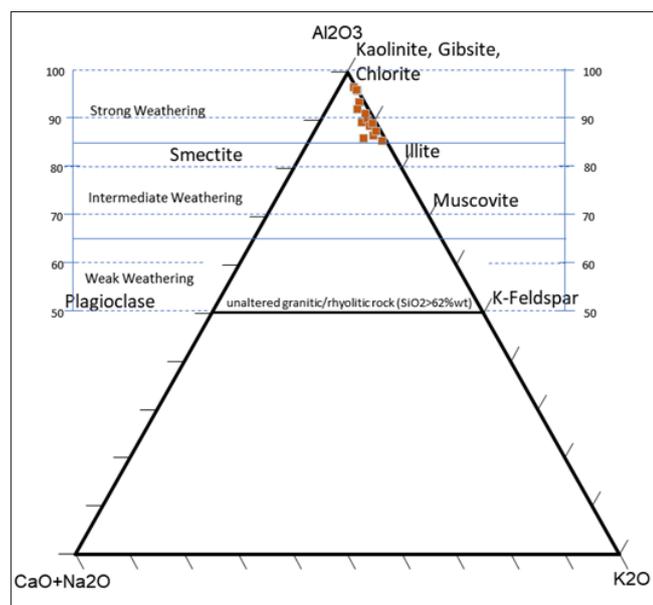
Analisis kimia unsur dilakukan dengan beberapa metode untuk masing-masing unsur. Metode analisis yang dilakukan diantaranya *Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry* (ICP-MS). Adapun dalam penelitian ini unsur-unsur yang dilakukan analisis dengan metode ini terutama logam tanah jarang (LTJ/REE) yang terdiri La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Tm, Yb, Lu dan Sc dan juga trace element lainnya. Analisis geokimia logam

tanah jarang dilakukan pada sampel batuan dan *soil*. Sebanyak 11 sampel batuan telah dilakukan analisis unsur logam tanah jarang dengan nilai rentang total LTJ 18,55 ppm hingga 452,6 ppm. Nilai kadar total LTJ paling kecil 18,55 ppm umumnya terdapat pada batuan tuf yang terubahkan pada lokasi sampel MLW01R2.

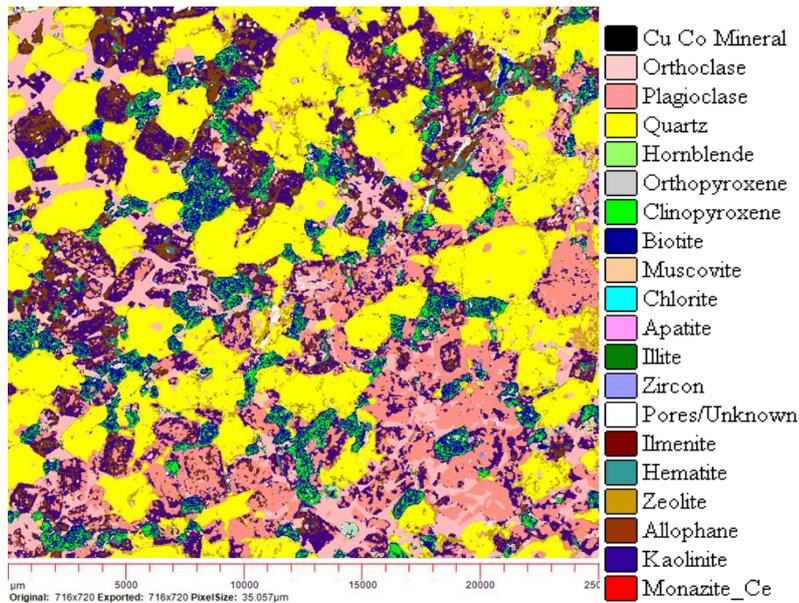
Sedangkan pada nilai kadar tertinggi pada sampe batuan 452,6 ppm terdapat pada sampel batuan granit pada lokasi MLW12R. pada sampel batuan granit tersebut berdasarkan hasil analisis micro XRF menunjukkan teridentifikasinya mineral pembawa logam tanah jarang berupa apatit (Gambar 13).

Tabel 1. Perhitungan nilai indeks CIA

No.	Kode Sampel	CIA
1	MLW01S	87,36
2	MLW05S (0 - 0,8)	88,87
3	MLW05S (0,8 - 1,8)	87,10
4	MLW05S (1,8 - 2)	84,83
5	MLW06S (0,3 - 0,9)	86,29
6	MLW06S (0,9 - 1,9)	84,29
7	MLW07S (0,3 - 0,7)	92,60
8	MLW07S (0,7 - 1,7)	90,06
9	MLW09S	95,67
10	MLW10S (0,05 - 1)	90,40
11	MLW10S (1 - 2)	83,36
12	MLW11S (0,1 - 1,5)	96,19
13	MLW11S (1,5 - 2,5)	88,06
14	MLW12S	95,76



Gambar 12. Diagram ternary CIA-A-CN-K (after Nesbit dan Young, 1984)

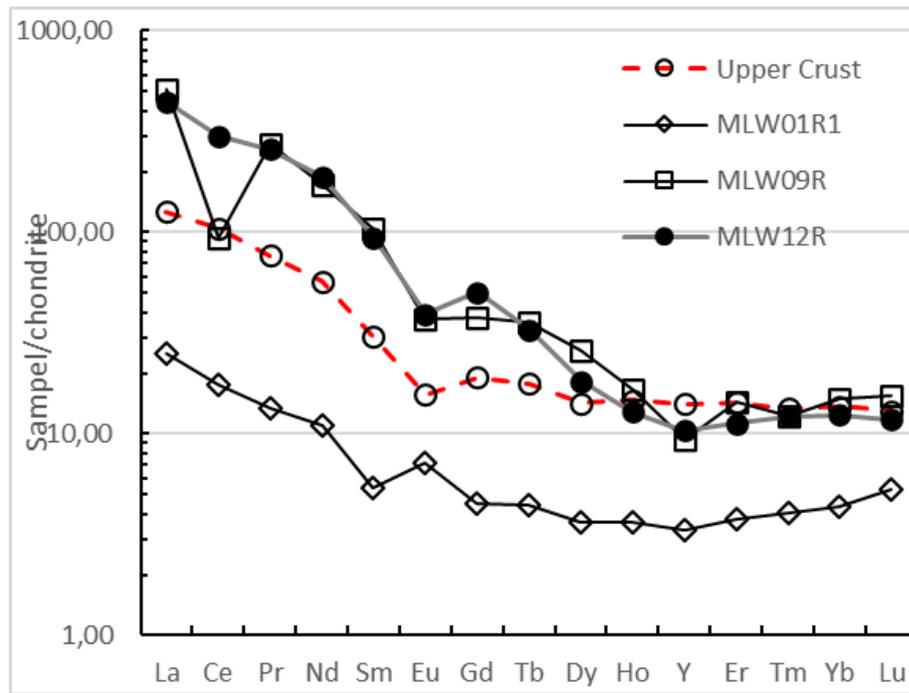


Gambar 13. Mineral *mapping* AMICS pada sampel MLW12R

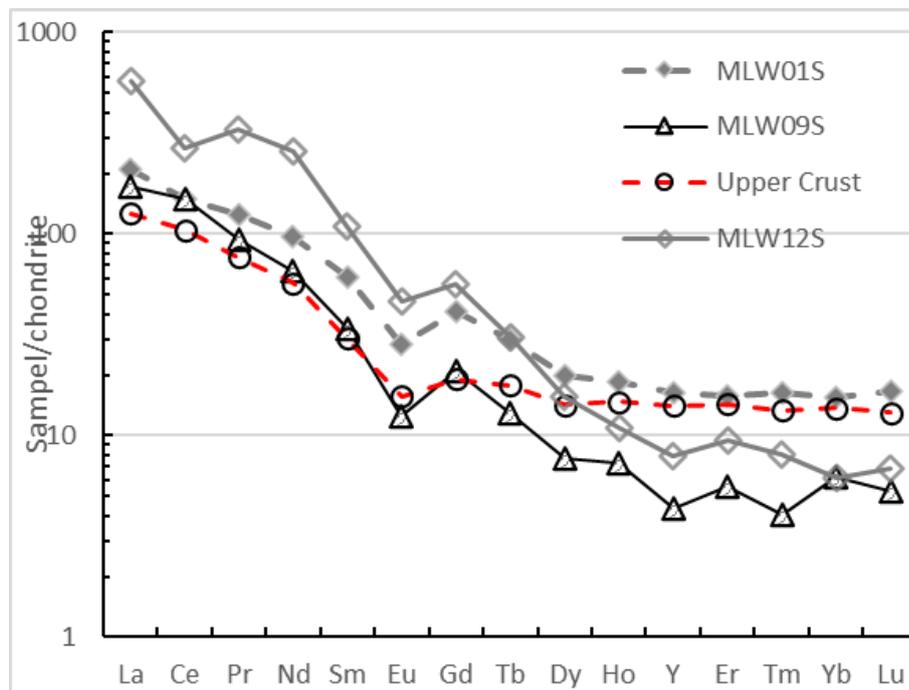
Pola logam tanah jarang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough dan Sun, 1995). Secara umum pada lokasi sampel MLW12R dan MLW09R menunjukkan bahwa logam tanah jarang pada sampel batuan terjadi adanya pengkayaan dari pola normal (*upper crust*). Hal ini dikaitkan dengan jenis batuan pada sampel tersebut berupa granit. Sedangkan pada lokasi sampel MLW01R yang umumnya berupa batuan tuf berubah menunjukkan tidak adanya pengkayaan pola LTJ dan cenderung berada di bawah dari pola LTJ *upper crust*. Pada pola logam tanah jarang tersebut umumnya Eu mengalami anomali negative dibandingkan unsur yang lainnya (Gambar 14).

Analisis logam tanah jarang dilakukan juga terhadap jenis sampel *soil*. Sebanyak 14 sampel *soil* dari 10 titik lokasi *channeling* telah dilakukan analisis dengan metode ICP-MS untuk logam tanah jarang.

Hasil analisis logam tanah jarang tersebut dari lokasi kegiatan uji petik didapat nilai total logam tanah jarang (Σ REE) berkisar antara 57,83 – 497,38 ppm. Nilai total logam tanah jarang paling tinggi tersebut berada pada lokasi MLW12S. pada lokasi pengambilan sampel tersebut merupakan lapukan dari batuan granit. Pola logam tanah jarang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough dan Sun, 1995). Secara umum menunjukkan bahwa logam tanah jarang pada sampel *soil* terjadi adanya pengkayaan dari pola normal (*upper crust*). Pada pola logam tanah jarang tersebut umumnya Eu mengalami anomali negative dibandingkan unsur yang lainnya. Pengkayaan terjadi umumnya pada kelompok logam tanah jarang ringan (LREE) dan pada terjadi penurunan pada bagian kelompok logam tanah jarang berat (HREE) dan terdapat pengkayaan pada beberapa unsur (Gambar 15).



Gambar 14. Diagram lab-lana normalisasi terhadap *chondrite* pada sampel batuan di daerah Kabupaten Melawi



Gambar 15. Diagram lab-lana normalisasi terhadap *chondrite* pada sampel tanah di daerah Kabupaten Melawi

Kabupaten Ketapang

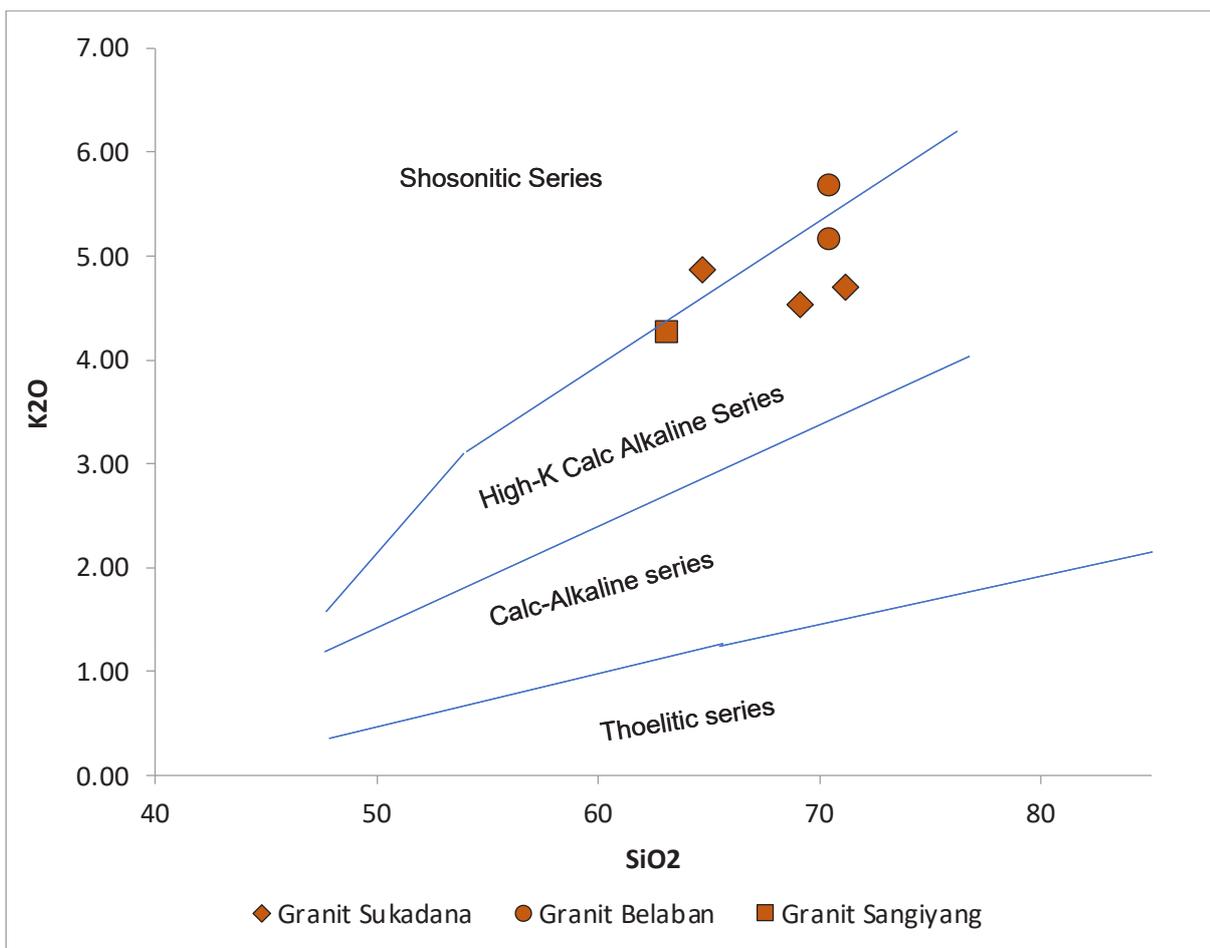
Penentuan data *major element* yang diplot pada beberapa diagram

memakai nilai *major element* dari batuan granit yang tidak mengalami pelapukan atau ubahan. Selain dari kenampakan

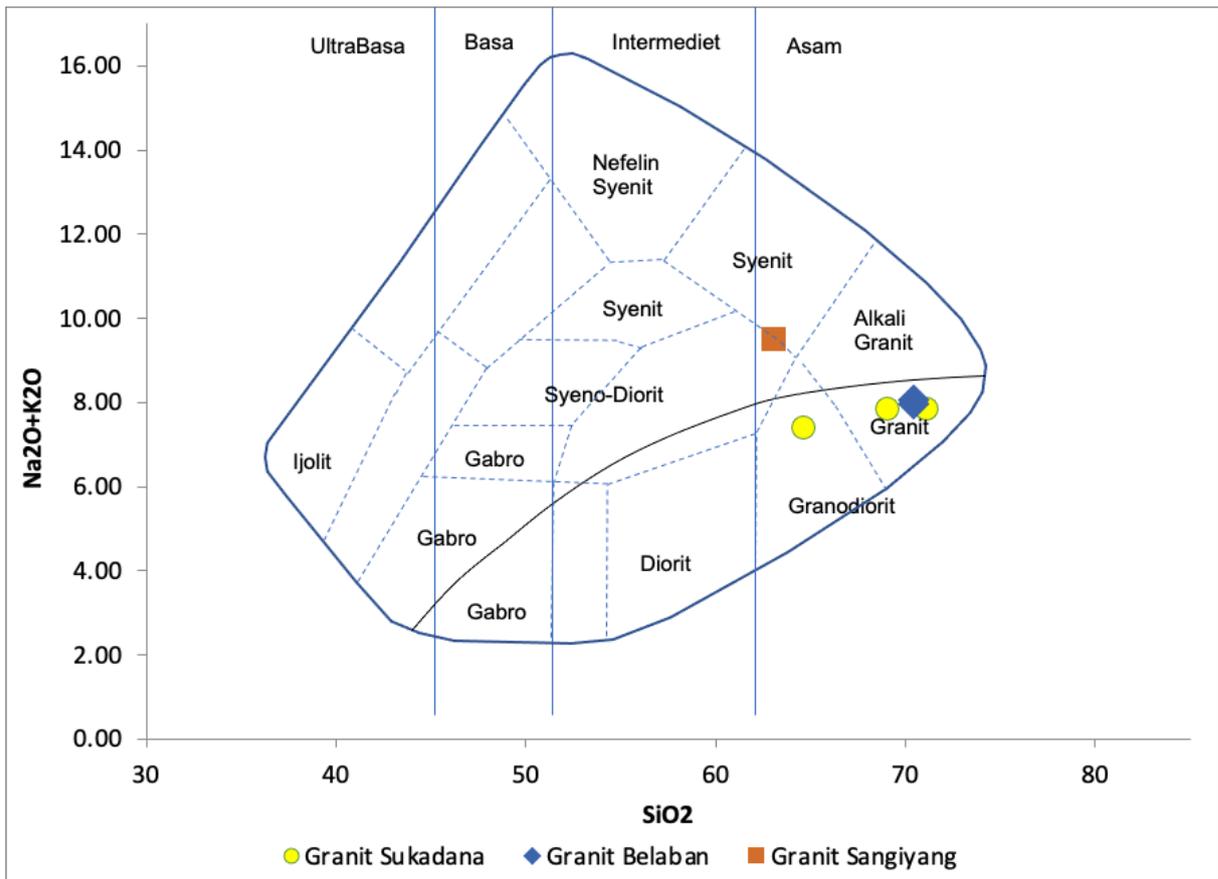
megaskopis, penentuan batuan tersebut juga dapat dilihat dari nilai LOI yang rendah. Nilai LOI yang rendah menunjukkan bahwa batuan tersebut tidak mengalami pelapukan atau ubahan. Pada Kabupaten Ketapang, terdapat 3 (tiga) batuan granit yaitu Granit Sukadana, Granit Belaban dan Granit Sangiyang. Analisis afinitas magma pada ketiga granit tersebut menggunakan diagram afinitas magma SiO_2 terhadap K_2O , menurut Pecerrilo dan Taylor (1976) dalam Rollinson (1993), menunjukkan bahwa pembentukan granit Sukadana dan granit

Belaban menunjukkan afinitas magma *High-K Calc Alkaline Series* dan *Shosonitic Series*, sedangkan pembentukan granit Belaban menunjukkan afinitas magma *High-K Calc Alkaline Series* (Gambar 16).

Bedasarkan *plotting* pada Diagram Total Alkali Silika (TAS) menurut Cox., dkk (1979) dan Middlemost (1994), afinitas magma batuan granit Sukadana berupa granit dan granodiorit. Pada batuan granit Belaban berupa granit dan pada batuan granit Sangiyang berupa diorit. Semua batuan granit tersebut yang termasuk ke dalam batuan asam (Gambar 17).



Gambar 16. Diagram afinitas magma granitoid daerah Kabupaten Ketapang (diagram mengikuti Pecerrilo dan Taylor, 1976 dalam Rollinson, 1993).



Gambar 17. Plotting SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ pada diagram TAS (Cox., dkk, 1979)

Karakteristik Logam Tanah Jarang

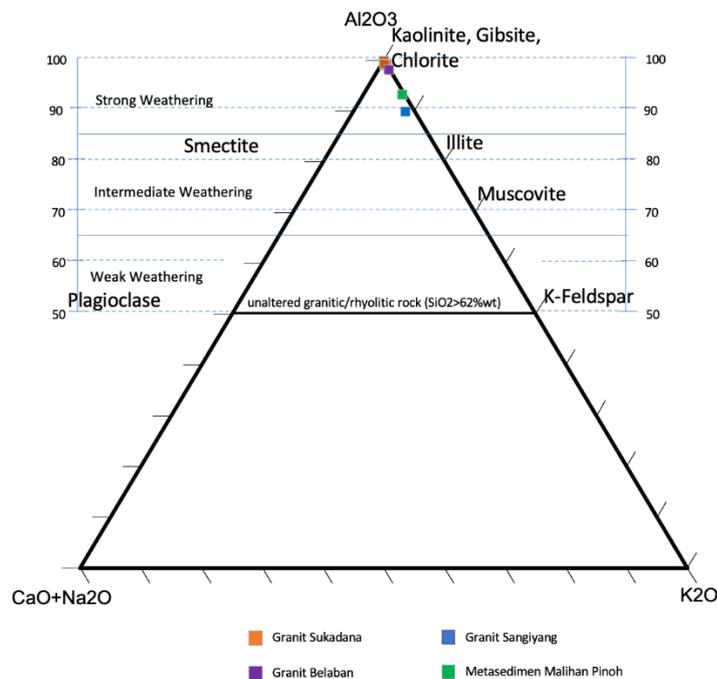
Perhitungan nilai indeks CIA juga dilakukan pada sampel tanah hasil pelapukan dari batuan granit Sukadana, granit Belaban, granit Sangiyang dan metasediment Malihan Pinoh (Tabel 2). Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks tersebut, derajat pelapukan granit Sukadana memiliki nilai berkisar antara 97,86 – 99,83 %, granit Belaban memiliki nilai berkisar antara 98,74 – 98,99 %, granit Sangiyang memiliki nilai 88,18 %, dan batuan metasediment Malihan Pinoh memiliki nilai berkisar antara 92,44 – 99 %.

Nilai CIA tersebut termasuk yang relatif tinggi sehingga tingkat pelapukan pada sampel-sampel batuan tersebut termasuk ke dalam pelapukan yang kuat (*strong weathering*) (Gambar 18).

Dengan memperhatikan data dari hasil analisis senyawa oksida atau *major element* dalam penentuan derajat pelapukan dengan diagram CIA dan adanya kelimpahan mineral-mineral lempung serta kenampakan megaskopis dari kegiatan lapangan menunjukkan umumnya pengambilan sampel *soil* berada pada horizon A dan B.

Tabel 2. Perhitungan nilai indeks CIA

No.	Kode Sampel	Litologi / Formasi	CIA
1	KTG22M001S1	Granit Sukadana	99.16
2	KTG22M001S2	Granit Sukadana	99.03
3	KTG22M002S	Granit Sukadana	97.86
4	KTG22M011S1	Granit Sukadana	99.22
5	KTG22M011S2	Granit Sukadana	99.24
6	KTG22M012S	Granit Sukadana	99.83
7	KTG22M006S	Granit Belaban	98.74
8	KTG22M007S	Granit Belaban	98.99
9	KTG22M101S	Granit Sangiyang	88.18
10	KTG22M004S	Batuan Malihan Pinoh	92.44
11	KTG22M005S	Batuan Malihan Pinoh	99.00



Gambar 18. Diagram ternary CIA-A-CN-K (after Nesbit dan Young, 1984)

Analisis geokimia logam tanah jarang dilakukan pada sampel batuan granit dan metasedimen Malihan Pinoh. Nilai rentang total LTJ (Σ REE) pada batuan granit Sukadana berkisar 38,85 ppm hingga 155,78 ppm. Pada granit Belaban, nilai total LTJ berkisar 195,93 – 266,88

ppm. Pada granit Sangiyang, nilai total LTJ yaitu 269,22 ppm. Pada batuan metasedimen Malihan Pinoh, nilai total LTJ berkisar 165,26 hingga 242,9 ppm.

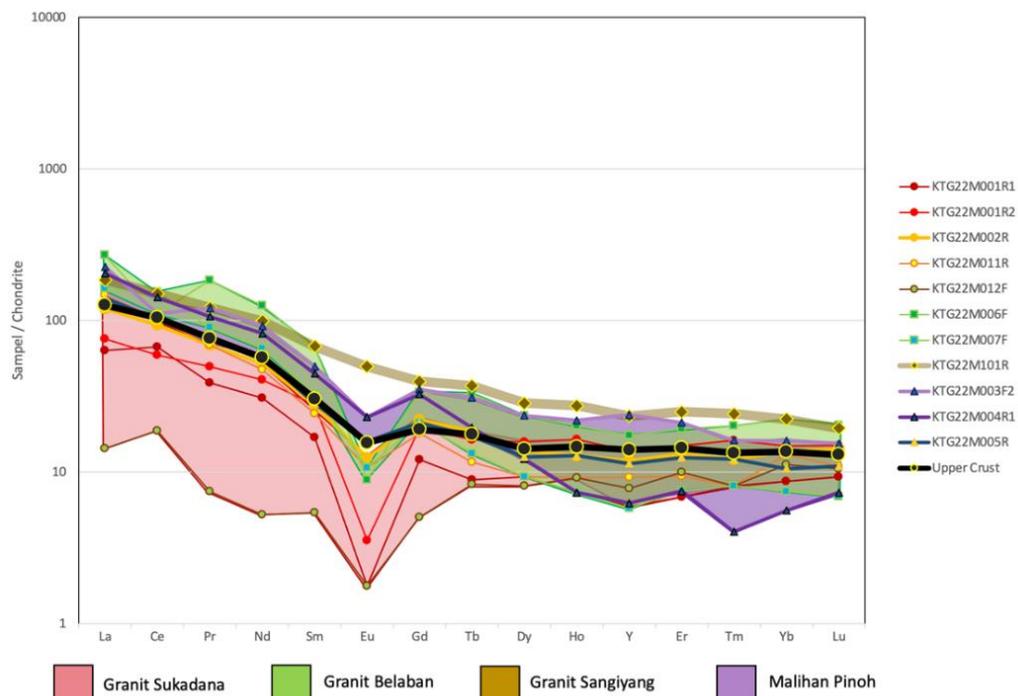
Pola logam tanah jarang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough dan Sun, 1995). Secara

umum hanya sampel dari granit Sangiyang yang terlihat adanya pengkayaan LTJ dari pola normal (*upper crust*). Sedangkan pada sampel dari granit Belaban, granit Sukadana dan batuan metasediment Malihan Pinoh tidak menunjukkan adanya pengkayaan pola LTJ dan bahkan granit Sukadana cenderung berada di bawah dari pola LTJ *upper crust*. Pada pola logam tanah jarang tersebut umumnya Eu mengalami anomali negatif dibandingkan unsur yang lainnya. (Gambar 19).

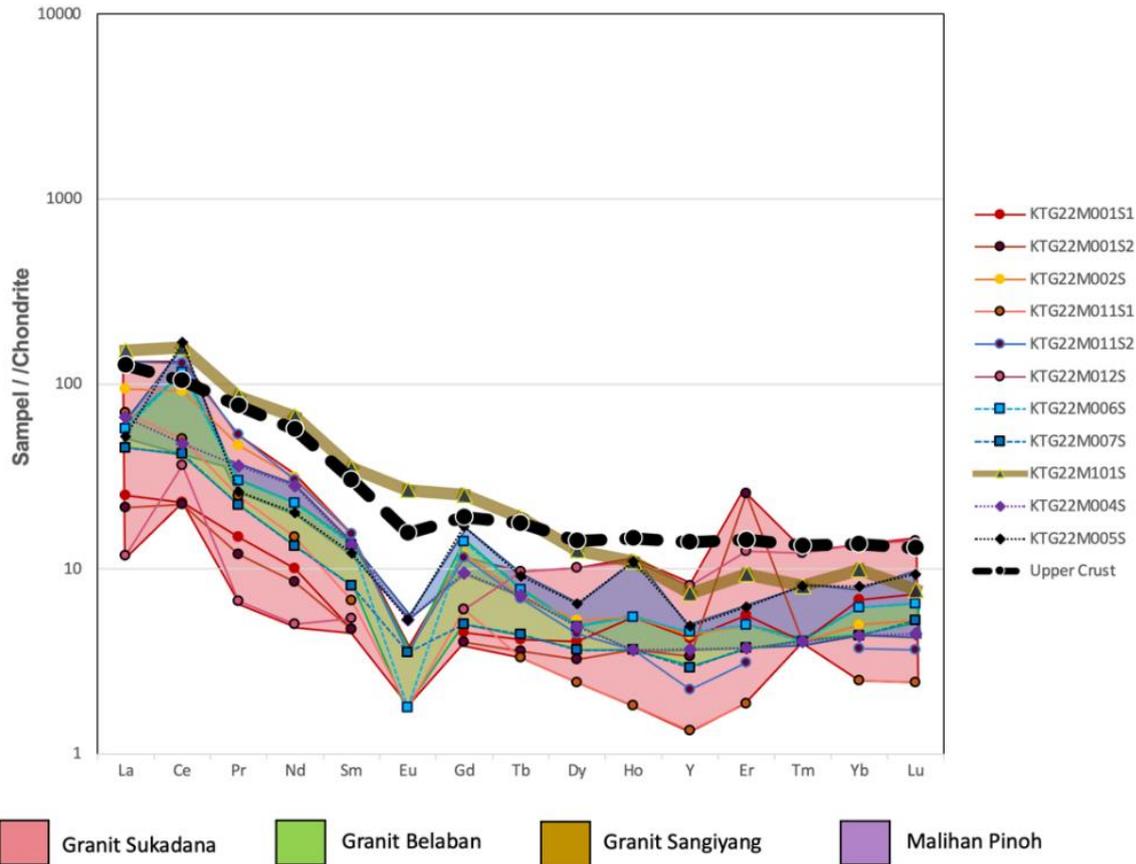
Analisis logam tanah jarang juga dilakukan pada tanah hasil pelapukan batuan – batuan granit dan batuan metasediment. Nilai total logam tanah jarang (Σ REE) pada tanah pelapukan granit Sukadana berkisar antara 36,97 – 140,57 ppm. Nilai total logam tanah jarang

pada tanah pelapukan granit Belaban berkisar antara 54,44 – 113,33 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan granit Sangiyang yaitu 202,72 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan metasedimen Malihan Pinoh berkisar antara 74,42 – 145,39 ppm.

Pola logam tanah jarang telah dilakukan normalisasi terhadap *chondrite* (McDonough dan Sun, 1995). Secara umum menunjukkan bahwa logam tanah jarang pada sampel tanah tidak terjadi adanya pengkayaan dari pola normal (*upper crust*). Pada pola logam tanah jarang tersebut cenderung berada di bawah dari pola LTJ *upper crust* dan umumnya Eu mengalami anomali negatif dibandingkan unsur yang lainnya (Gambar 20).



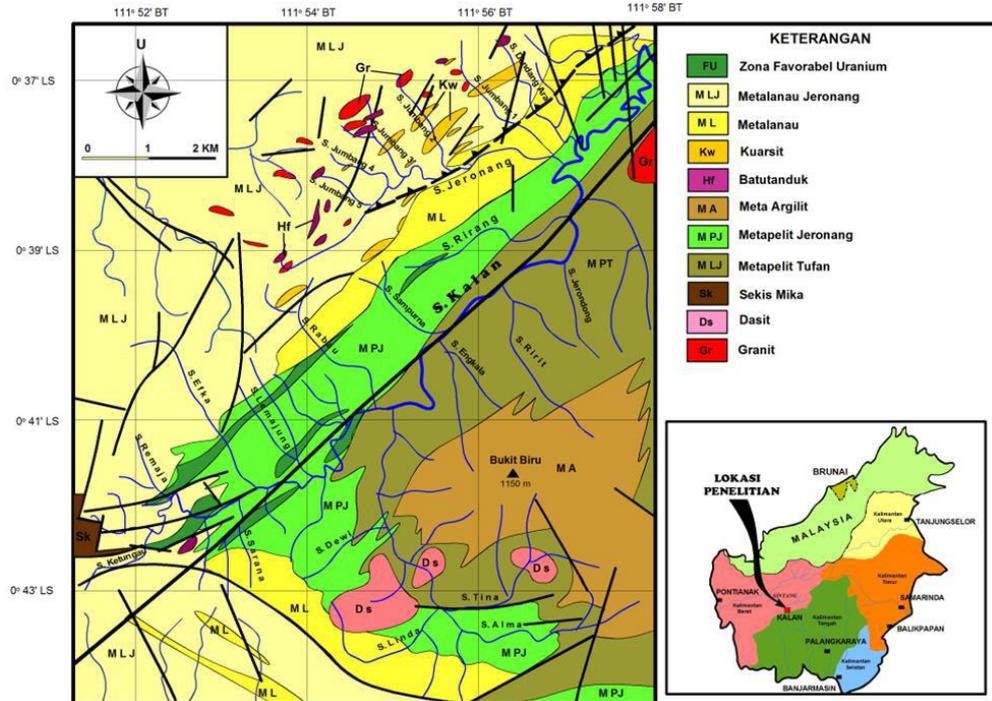
Gambar 19. Diagram laba-laba normalisasi terhadap *chondrite* pada sampel batuan di daerah Kabupaten Ketapang



Gambar 20. Diagram laba-lana normalisasi terhadap *chondrite* pada sampel tanah di daerah Kabupaten Ketapang

Penentuan daerah target penyelidikan menjadi tujuan dalam kegiatan evaluasi logam tanah jarang di Provinsi Kalimantan Barat. Dalam penentuan daerah target tersebut, pada bahasan sebelumnya telah dilakukan evaluasi dari data-data sekunder dan primer. Dari data penyelidikan terdahulu yang dilakukan oleh BATAN, pada daerah aliran Sungai Rirang terdapat bongkah-bongkah monasit yang ditemukan (Gambar 21). Hasil analisis laboratorium dari

sampel-sampel bongkah-bongkah monasit tersebut menunjukkan nilai kadar logam tanah jarang yang sangat tinggi. Indikasi keberadaan bongkah-bongkah monasit tersebut memberikan pengaruh terhadap kandungan logam tanah jarang pada *soil* atau tanah pada lingkungan sebaran bongkah monasit tersebut. Hasil analisis laboratorium terhadap sampel bongkah-bongkah monasit dan pada sampel tanah tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.



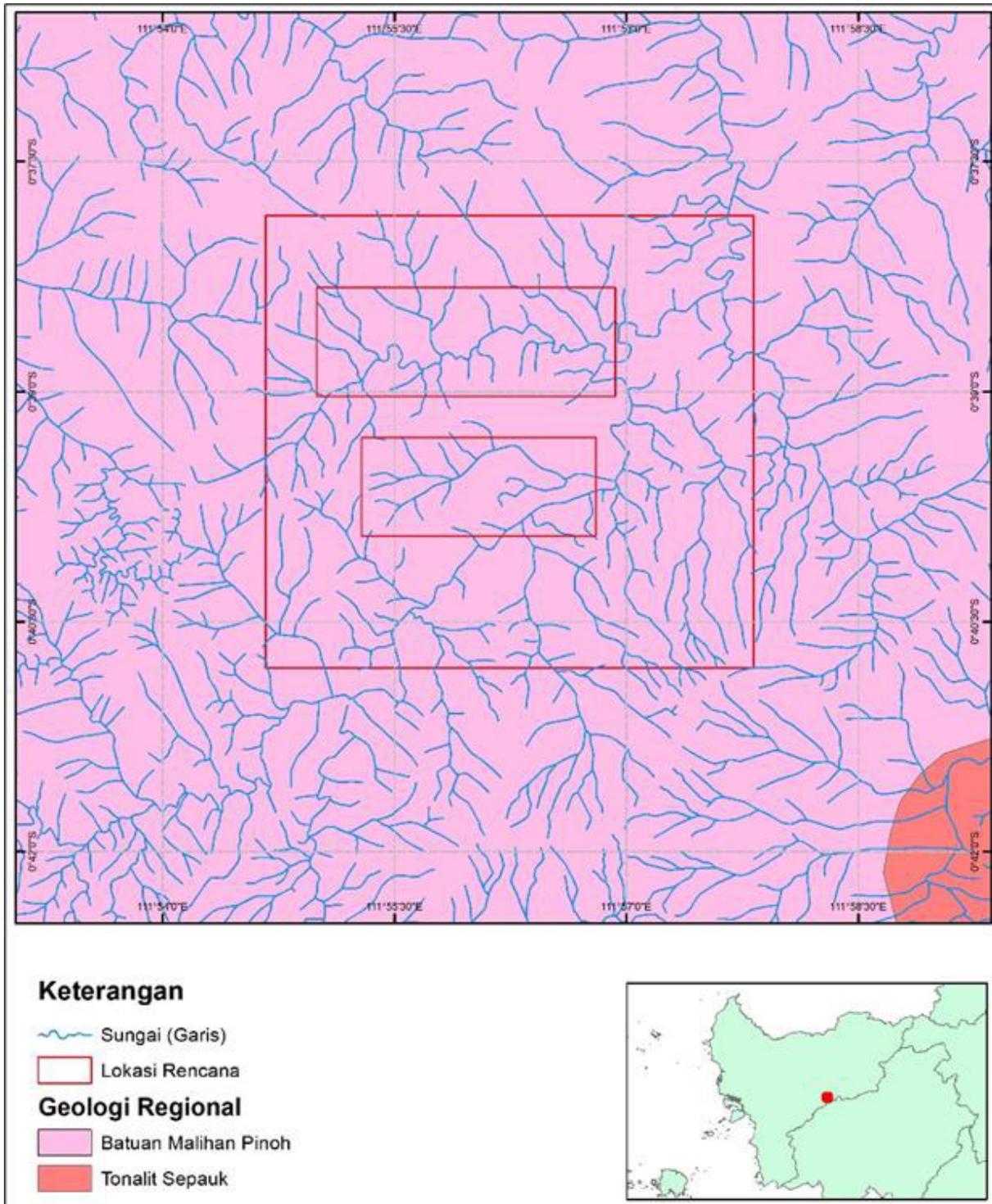
Gambar 21. Lokasi keterdapatan bongkah-bongkah monasit di daerah Kabupaten Melawi

Tabel 3. Hasil analisis logam tanah jarang di daerah aliran Sungai Rrang Kabupaten Melawi

	RHS-01	RHS-12	RHS-25	RR-01	RR-03	RR-04	RR-18
La	2240	652	835	>5000	>5000	>5000	>5000
Ce	>2000	1260	1690	>2000	>2000	>2000	>2000
Pr	441	144	178	>5000	>5000	>5000	>5000
Nd	1430	484	607	>5000	>5000	>5000	>5000
Sm	269	95,3	118	>5000	>5000	>5000	>5000
Eu	12,7	4,3	5,9	541	656	689	392
Gd	251	84,1	105	>2000	>2000	>2000	>2000
Tb	23,9	8,74	10,5	1400	1300	1410	1220
Dy	76,1	29,7	35,3	>2000	>2000	>2000	>2000
Ho	8,2	3,3	3,9	449	481	469	455
Y	98,5	40,6	45,3	>2000	>2000	>2000	>2000
Er	13,2	5,6	6,2	642	677	689	625
Tm	1,3	0,5	0,6	55,8	47,7	58,9	51,9
Yb	6,3	2,9	3	237	215	238	199
Lu	0,91	0,46	0,42	36,7	30,8	37,7	32,5

Evaluasi dari data-data sekunder (data-data penyelidikan terdahulu) dengan data-data primer menunjukkan terdapat 1

blok yang dijadikan sebagai daerah target penyelidikan selanjutnya di daerah kabupaten Melawi (Gambar 22).



Gambar 22. Lokasi target penyelidikan di daerah Kabupaten Melawi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kegiatan uji petik lapangan telah dilakukan di 2 daerah diantaranya Kabupaten Melawi dan Kabupaten Ketapang. Kegiatan uji petik lapangan di daerah Kabupaten Melawi menunjukkan karakteristik sebagai berikut:

1. Secara geologi regional daerah uji petik tersusun oleh Kompleks Metasedimen Pinoh dan Granit Sukadana. Kompleks metasediment pinoh berupa tuf yang terubah. Batuan Granit Sukadana berupa batuan granit yang termasuk tipe-S.
2. Sebanyak 11 sampel batuan telah dilakukan analisis unsur logam tanah jarang dengan nilai rentang total LTJ 18,55 ppm hingga 452,6 ppm. Pada sampel batuan granit tersebut berdasarkan hasil analisis micro XRF menunjukkan teridentifikasinya mineral pembawa logam tanah jarang berupa apatit
3. Sebanyak 14 sampel *soil* dari 10 titik lokasi *channeling* didapat nilai total logam tanah jarang (Σ REE) berkisar antara 57,83 – 497,38 ppm.

Kegiatan uji petik lapangan di daerah Kabupaten Ketapang menunjukkan karakteristik sebagai berikut:

1. Pada Kabupaten Ketapang, terdapat 3 (tiga) batuan granit yaitu

Granit Sukadana, Granit Belaban dan Granit Sangiyang

2. Berdasarkan *plotting* pada Diagram Total Alkali Silika (TAS) menurut Cox., dkk (1979) dan Middlemost (1994), afinitas magma batuan granit Sukadana berupa granit dan granodiorit. Pada batuan granit Belaban berupa granit dan pada batuan granit Sangiyang berupa diorit. Semua batuan granit tersebut yang termasuk ke dalam batuan asam
3. Pengelompokkan tipe granit berdasarkan kandungan saturasi alumina serta ditambah dengan komposisi mineral penciri seperti kehadiran *hornblende* serta *muscovite* maka dapat ditentukan bahwa batuan granit Sukadana dan Belaban termasuk ke dalam granit tipe-S, sedangkan batuan granit Sangiyang termasuk ke dalam granit tipe-I.
4. Nilai rentang total LTJ (Σ REE) pada batuan granit Sukadana berkisar 38,85 ppm hingga 155,78 ppm. Pada granit Belaban, nilai total LTJ berkisar 195,93 – 266,88 ppm. Pada granit Sangiyang, nilai total LTJ yaitu 269,22 ppm. Pada batuan metasedimen Malihan Pinoh, nilai total LTJ berkisar 165,26 hingga 242,9 ppm.
5. Nilai total logam tanah jarang (Σ REE) pada tanah pelapukan granit Sukadana berkisar antara

36,97 – 140,57 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan granit Belaban berkisar antara 54,44 – 113,33 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan granit Sangiyang yaitu 202,72 ppm. Nilai total logam tanah jarang pada tanah pelapukan metasedimen Malihan Pinoh berkisar antara 74,42 – 145,39 ppm.

Saran

Pada daerah yang menjadi target penyelidikan selanjutnya yaitu pada daerah Rirang-Kalan dilakukan penyelidikan pendahuluan dengan melakukan pemetaan geologi dan pengambilan sampel batuan dan juga lapukannya dengan melakukan pemboran dengan *hand auger* atau *ridge and spurs* dan/atau *testpit* untuk mengetahui kondisi horizon tanah dan kandungan nilai logam tanah jarang pada daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Cox, K.G., et al. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London, 450 p.
- Grilli, M.; Bellezze, T.; Gamsjäger, E.; Rinaldi, A.; Novak, P.; Balos, S.; Piticescu, R.; Ruello, M. Solutions for Critical Raw Materials under Extreme Conditions: A Review. *Materials* 2017, 10, 285, doi:10.3390/ma10030285.
- McDonough, W.F. and Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, vol.120, p. 223-253
- Middlemost, E.A.K. 1994. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. *Earth-Science Reviews*, 37, 215-244
- N. I. Setiawan, Y. Osanai, N. Nakano, T. Adachi, K. Yonemura, A. Yoshimoto, J. Wahyudiono, and K. Mamma, "An Overview of Metamorphic Geology from Central Indonesia: Importance of South Sulawesi, Central Java and South–West Kalimantan Metamorphic Terranes," *Bull. Grad. Sch. Soc. Cult. Stud. Kyushu Univ.*, vol. 19, pp. 39–55, 2013.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol. 48, p. 1523-1534.
- Setiadji L.D. 2015. Geology of Rare Earth Elements Mineralization and Their Potential in The Indonesian Archipelago, *Proceeding of Seminar of REE*.
- S. Tjokrokardono, L. Subiantoro, and M. Widodo. 2006. *Sintesis Geologi dan Mineralisasi Uranium Kalan dan Sekitarnya*, Kalimantan Barat.

- Tate, R.B. Cross-border Correlation of Geological Formations in Sarawak and Kalimantan. Bull. Geol. Soc. Malaysia 1991, 28, 63–96.
- Peccerillo, A. dan S.R Taylor. 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from The Kastamonu Area, Northern Turkey. Canberra. Contributions Mineralogy and Petrology by Springer-Verlag 1976 Vol. 58 p.63-81
- Rollinson, H.R. 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, Wiley, New York, 352.

PEMUTAKHIRAN DATA DAN NERACA SUMBER DAYA DAN CADANGAN MINERAL TAHUN 2022

Iwan Nursahan, Dzil Mulki Heditama, Asep Dedi, dan Prima Muharam Hilman

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Penyusunan neraca sumber daya dan cadangan mineral tingkat nasional merupakan pelaksanaan kewenangan pemerintah pusat sesuai dengan ketentuan pasal 6 ayat 1 huruf r dalam Undang – Undang No 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara. Selanjutnya berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 14 Tahun 2022 tentang Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Nasional, dijelaskan salah satunya bahwa neraca sumber daya dan cadangan mineral nasional memiliki peranan penting untuk pertimbangan dan rekomendasi dalam menetapkan kebijakan nasional terkait pengelolaan, nilai tambah, pemanfaatan dan pengusaha sumber daya mineral. Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral Nasional merupakan data jumlah sumber daya, cadangan, dan produksi, Mineral secara nasional dalam bentuk tabel dan peta sebaran sumber daya, cadangan Mineral.

Hasil pemutakhiran data neraca sumber daya dan cadangan mineral logam tahun 2022, hasil input data sumber daya dan cadangan dari 162 laporan RKAB tahun 2022, yaitu berupa 39 data baru dan 243 data termutakhirkan pada 14 komoditas mineral logam. Jumlah data lokasi komoditas mineral logam status Desember 2022 sebanyak 2645 lokasi dengan 26 komoditas. Beberapa komoditas yang signifikan mengalami pemutakhiran yaitu: emas, tembaga, perak, timah, nikel, kobal, bauksit, mangan, besi laterit, bijih besi dan pasir besi. Total cadangan logam emas tahun 2022, mengalami kenaikan signifikan sebesar sekitar 1.337 ton, sehingga menjadi sebesar 3.324 ton. Total sumber daya logam tembaga mengalami kenaikan 200 juta ton dan total cadangan mengalami kenaikan 400 juta ton dibandingkan tahun 2021. Total sumber daya bijih perak meningkat sebesar 594 juta ton, sedangkan total cadangan meningkat sebesar 222 juta ton dibandingkan tahun 2021. Total sumber daya dan cadangan konsentrat Timah Tahun 2022 sedikit meningkat. Total sumber daya bijih nikel tahun 2022 mengalami sedikit penurunan, sedangkan total cadangan relatif sama. Nilai total sumber daya dan cadangan nikel limonit, saprolit dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2022, diperoleh total cadangan Nikel Tipe Limonit ($Ni < 1,5\%$) tahun 2022 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2021. Total cadangan Nikel Saprolit ($Ni > 1,5\%$ atau $Ni > 1,7\%$)

mengalami kenaikan dibandingkan data tahun 2021. Total sumber daya dan cadangan Aluminium tahun 2022 mengalami kenaikan dibandingkan tahun 2021. total sumber daya dan cadangan bijih besi Tahun 2022 mengalami peningkatan relatif kecil. Nilai sumber daya terukur dan cadangan terkira bijih mangan mengalami sedikit kenaikan. Total cadangan pasir besi tahun 2022 sedikit menurun apabila dibandingkan data tahun 2021. Total sumberdaya besi laterit tahun 2022 mengalami peningkatan signifikan, sedangkan total cadangan mengalami penurunan.

Pemutakhiran neraca sumber daya dan cadangan mineral bukan logam dan batuan status Desember tahun 2022 diperoleh 330 titik lokasi baru komoditas mineral bukan logam di Indonesia untuk 19 komoditas dan pemutakhiran sebanyak 127 lokasi, untuk 15 komoditas pada beberapa kabupaten. Sehingga jumlah lokasi menjadi sebanyak 4.600 titik dengan jumlah komoditas 57 jenis. Pada tahun 2022, untuk komoditas mineral bukan logam terdapat pemutakhiran sumber daya dan cadangan yang cukup signifikan, di antaranya batugamping, dolomit, fosfat, andesit, pasir kuarsa, pasir zirkon, lempung, zeolit dan bentonit. Andesit mengalami peningkatan signifikan pada sumber daya dan cadangan. Batugamping total sumber daya dan cadangannya terjadi peningkatan signifikan, dolomit terjadi penambahan untuk sumber daya tereka, sumber daya tertunjuk, sumber daya terukur dan cadangan terbukti. Fosfat peningkatan signifikan pada total sumber daya. Pasir Kuarsan total sumber daya dan cadangannya terjadi peningkatan signifikan, dan pasir Zirkon terjadi peningkatan signifikan pada sumber daya dan cadangan jika dibandingkan dengan tahun 2021.

Kata kunci: neraca, sumber daya, cadangan dan produksi mineral

PENDAHULUAN

Secara geologi, Indonesia memiliki beragam potensi sumber daya geologi diantaranya sumber daya mineral dan batubara. Di Indonesia dapat ditemukan berbagai jenis mineral baik mineral logam diantaranya emas, perak, tembaga, nikel, timah, seng, besi, aluminium dan logam tanah jarang, maupun mineral bukan logam dan batuan seperti batugamping, kaolin, zirkon, fosfat, gipsium dan batuan pembawa kalium. Hampir semua benda yang digunakan dalam kehidupan modern

memiliki unsur mineral sebagai bahan bakunya. Mineral berperan besar sebagai bahan baku dalam berbagai jenis industri diantaranya industri energi ramah lingkungan dan baterai listrik, industri manufaktur, industri pertahanan, industri kimia, industri transportasi, maupun industri pertanian

Sumber daya mineral sebagai bagian dari sumber daya alam merupakan salah modal dasar pembangunan nasional yang perlu dikembangkan dan dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk

kesejahteraan rakyat, sebagaimana diamanatkan dalam pasal 3 ayat 3 UUD Tahun 1945 bahwa bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat, termasuk mineral di dalamnya. Namun tidak seperti sumber daya alam lainnya, sumber daya mineral mempunyai kekhususan dalam pembentukan, dan pengelolaannya. Proses geologi yang panjang untuk pembentukannya, pemanfaatannya yang tidak dapat diperbarui dan nilai ekonomisnya yang sangat dipengaruhi oleh teknologi dan isu-isu global, mengharuskan pentingnya kebijakan pemerintah untuk memahami secara utuh karakteristik sumber daya mineral tersebut.

Dasar hukum penyusunan neraca sumber daya dan cadangan mineral tingkat nasional merupakan pelaksanaan kewenangan pemerintah pusat sesuai dengan ketentuan pasal 6 ayat 1 huruf r dalam Undang-Undang No 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Dalam Peraturan Menteri ESDM No. 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata kerja Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral, pada salah satu pasalnya menjelaskan bahwa salah satu tugas dan fungsi Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) adalah menyusun dan memutakhirkan

neraca sumber daya mineral. Hal ini juga diperkuat dalam Undang-Undang No 23 Tahun 2014 tentang pemerintah Daerah, dalam lampiran pembagian urusan pemerintahan bidang energi dan sumber daya mineral Badan Geologi ditugaskan menetapkan neraca sumber daya dan cadangan mineral dan energi nasional.

Selanjutnya berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 14 Tahun 2022 tentang Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Nasional dijelaskan salah satunya bahwa neraca sumber daya dan cadangan mineral nasional memiliki peranan penting untuk pertimbangan dan rekomendasi dalam menetapkan kebijakan nasional terkait pengelolaan, nilai tambah, pemanfaatan dan perusahaan sumber daya mineral. Neraca sumber daya dan cadangan mineral nasional merupakan data jumlah sumber daya, cadangan, dan produksi mineral secara nasional dalam bentuk tabel dan peta sebaran sumber daya, cadangan mineral.

METODOLOGI

Sumber data dalam penyusunan Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral Nasional berasal dari hasil kegiatan penyelidikan yang dilakukan oleh pemerintah (dalam hal ini PSDMBP-Badan Geologi, Batan/BRIN dan pemerintah daerah) data yang berasal dari hasil kegiatan eksplorasi dan eksploitasi Badan

Usaha, termasuk diantaranya Kontrak Karya (KK) mineral, Izin Usaha Pertambangan (IUP) mineral dan Izin Usaha Pertambangan Khusus (IUPK) mineral (Gambar 1). Alur penyusunan neraca sumber daya dan cadangan mineral dilakukan langkah langkah sebagai berikut (Gambar 2):

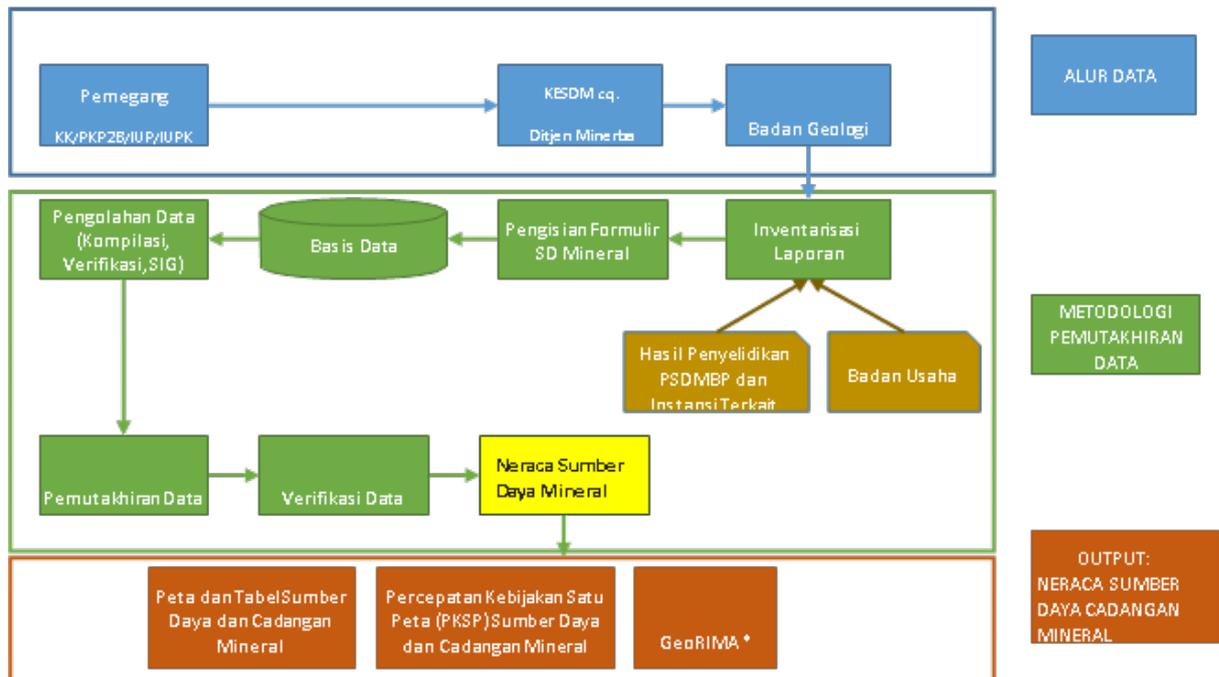
1. Badan Geologi melalui PSDMBP melakukan inventarisasi data dan informasi sumber daya dan cadangan mineral baik dari laporan penyelidikan yang dilakukan oleh PSDMBP, BATAN/BRIN, pemerintah daerah maupun Badan Usaha pemegang pertambangan KK/IUP/IUPK mineral.
2. Untuk meningkatkan kualitas data pada neraca sumber daya mineral, PSDMBP juga melakukan kegiatan rekonsiliasi data hasil kegiatan Badan Usaha bekerjasama dengan Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (Ditjen

Minerba) untuk komoditas mineral. Keberhasilan menjangkau lebih banyak data sumber daya, cadangan dan produksi mineral yang dimiliki oleh Badan Usaha diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap jumlah kekayaan sumber daya dan cadangan mineral yang dimiliki Indonesia beserta pemanfaatannya.

3. Data hasil diinventarisasi kemudian diolah, dilakukan verifikasi dan dimasukkan ke dalam basis data sumber daya mineral yang dimiliki PSDMBP. Selain memasukkan data baru, dilakukan juga pemutakhiran data, yaitu pembaharuan data sumber daya dan cadangan mineral tiap komoditas baik mineral logam dan mineral bukan logam dan batuan dengan data terbaru yang dirilis oleh Badan Usaha pemegang KK/KP/IUP/IUPK.



Gambar 1. Sumber Data Neraca Sumber daya dan cadangan Mineral



Gambar 2. Diagram Alur Data dan Metodologi Pekerjaan Pemutakhiran Neraca Sumber Daya Mineral

4. Data neraca sumber daya dan cadangan mineral yang selesai dimutakhirkan kemudian ditabulasikan dan diintegrasikan ke dalam basis data dan peta potensi sumber daya mineral, berbasis *web Geographic Information System* (webGIS).

PEMUTAKHIRAN NERACA SUMBER DAYA DAN CADANGAN MINERAL

Dalam penyusunan dan pemutakhiran data neraca sumber daya dan cadangan mineral mengacu pada Klasifikasi sumber daya dan cadangan mineral mengacu pada SNI 6728:4 Tahun 2015 tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam - Bagian 4:

Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara, SNI 4726 Tahun 2019 tentang pedoman pelaporan hasil eksplorasi sumber daya dan cadangan mineral, serta Peraturan Pemerintah Nomor 96 Tahun 2021, yang membagi sumber daya mineral ke dalam empat kelompok yaitu sumber daya mineral logam dan sumber daya mineral bukan logam, sumber daya mineral bukan logam jenis tertentu dan sumber daya batuan. Neraca sumber daya dan cadangan mineral nasional merupakan data jumlah sumber daya, cadangan, dan produksi mineral secara nasional dalam bentuk tabel dan peta sebaran sumber daya, cadangan mineral.

Hasil pemutakhiran data neraca sumber daya dan cadangan mineral logam tahun 2022 adalah merupakan hasil input

data sumber daya dan cadangan dari 162 laporan Rencana Kerja dan Anggaran Biaya (RKAB) tahun 2022, yaitu berupa 39 data baru dan 243 data termutakhirkan pada 14 komoditas mineral logam. Jumlah data lokasi komoditas mineral logam status Desember 2022 sebanyak 2.645 lokasi dengan 26 komoditas. Data sumber daya dan cadangan mineral logam tersebut diperoleh dari 573 Izin Usaha Pertambangan/Izin Usaha Pertambangan Khusus/Kontrak Karya (IUP/IUPK/KK) atau 71,36 % dari total 803 IUP/IUPK/KK dan Izin Pertambangan Rakyat (IPR) (sumber: Ditjen Minerba Status Desember 2022) (Tabel 1 s/d Tabel 3).

Beberapa komoditas yang signifikan mengalami pemutakhiran yaitu: emas, tembaga, perak, timah, nikel, kobal, bauksit, mangan, besi laterit, bijih besi dan pasir besi. Total cadangan logam emas tahun 2022 mengalami kenaikan signifikan sebesar sekitar 1.337 ton, sehingga menjadi sebesar 3.324 ton. Total sumber daya logam tembaga mengalami kenaikan 200 juta ton dan total cadangan mengalami kenaikan 400 juta ton dibandingkan tahun 2021. Total sumber daya bijih perak meningkat sebesar 594 juta ton, sedangkan total cadangan meningkat sebesar 222 juta ton dibandingkan tahun 2021. Total sumber daya dan cadangan konsentrat timah tahun 2022 sedikit meningkat. Total sumber daya bijih nikel tahun 2022 mengalami sedikit penurunan,

sedangkan total cadangan relatif sama (Gambar 3).

Nilai total sumber daya dan cadangan nikel limonit, saprolit dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2022 diperoleh total cadangan nikel tipe limonit ($Ni < 1,5\%$) tahun 2022 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2021. Total cadangan nikel saprolit ($Ni > 1,5\%$ atau $Ni > 1,7\%$) mengalami kenaikan dibandingkan data tahun 2021. Total sumber daya dan cadangan aluminium tahun 2022 mengalami kenaikan dibandingkan tahun 2021. Total sumber daya dan cadangan bijih besi tahun 2022 mengalami peningkatan relatif kecil. Nilai sumber daya terukur dan cadangan terkira bijih mangan mengalami sedikit kenaikan. Total cadangan pasir besi tahun 2022 sedikit menurun apabila dibandingkan data tahun 2021. Total sumber daya besi laterit tahun 2022 mengalami peningkatan signifikan, sedangkan total cadangan mengalami penurunan. produksi mineral logam jumlah dari Januari sampai dengan Desember 2022, yakni bijih emas 25,2 juta ton, bijih tembaga 132,87 juta ton, bijih nikel 117,23 juta ton, bijih bauksit 24,6 juta ton, konsentrat timah 28,4 ribu ton dan bijih besi 3 juta ton dan bijih besi laterit 2 juta ton (sumber: moms.esdm.go.id, 2023).

Tabel 1. Persentase Jumlah Data IUP/IUPK/IPR + KK yang memiliki Sumber Daya dan Cadangan
(Sumber : Minerba, Desember 2022)

No	Komoditas	Jumlah IUP/IUPK/KK/IPR	Jumlah IUP/IUPK/KK/IPR dengan Data	Persentase (%)
1	Antimon	2	2	100,00
2	Bauksit	53	40	75,47
3	Besi	70	60	85,71
4	Emas	90	67	74,44
5	Kromit	3	2	66,67
6	Mangan	23	15	65,22
7	Nikel	312	188	60,26
8	Pasir Besi	12	11	91,67
9	Tembaga	9	7	77,78
10	Timah	216	171	79,17
11	Timbal/Galena dan Seng	11	10	90,91
12	Logam lainnya	2	0	0,00
	Total	803	573	71,36

No	Jenis Izin	Jumlah	Jumlah dengan data	Persentase (%)
1	IUP	762	539	70,73
2	IUPK	3	3	100,00
3	KK	34	31	91,18
4	IPR	4	0	0,00
	Total	803	573	71,36

Tabel 2. Hasil Pemutakhiran Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral Logam
Tahun 2022

NO.	KOMODITAS	JUMLAH LOKASI		KETERANGAN DATA 2022		TARGET EKSPLORASI		SUMBER DAYA (TON)						CADANGAN (TON)			
		2021	2022	DATA BARU	DATA MUTAKHIR	BIJH	LOGAM	TEREKA		TERTUNJUK		TERUKUR		TERKIRA		TERBUKTI	
								BIJH	LOGAM	BIJH	LOGAM	BIJH	LOGAM	BIJH	LOGAM	BIJH	LOGAM
1	Air Raksa	5	5	0	0	-	-	-	-	32.250.169	43	4.713	33	-	-	-	-
2	Antimon	3	3	0	0	-	-	-	-	11.778.633	375.555	111.788	-	3.958.633	15.835	-	-
3	Bauksit	182	182	1	21	-	-	2.042.279.592	309.533.692	2.414.254.759	457.866.805	1.754.742.938	356.236.200	2.207.894.254	359.859.708	927.893.427	174.032.245
4	Besi Latent	138	154	16	21	112.713.437	20.047.966	3.181.266.919	467.397.887	2.140.922.400	281.275.429	2.207.011.075	395.881.103	806.179.431	185.736.891	579.269.471	123.965.533
5	Besi Primer	174	174	0	2	314.467.710	175.873.975	1.906.367.213	529.822.699	2.990.149.788	913.867.497	2.454.536.642	228.749.037	1.446.014.567	260.172.732	255.090.743	92.902.597
6	Besi Sedimen	6	6	0	0	743.155	92.956	5.202.186	3.601.615	623.437	78.553	-	-	-	-	-	-
7	Emas Aluvial ¹⁾	90	90	0	1	410.886.135	74	811.620.666	33	254.374.867	204	585.589.575	118	51.345.632	115	13.080.507	35
8	Emas Primer	387	389	3	54	60.230.728	198	6.968.573.508	5.237	6.479.161.003	4.607	3.006.606.610	2.441	3.314.600.030	2.784	556.010.351	541
9	Kobalt	84	87	3	2	-	-	1.423.379.302	3.891.319	794.247.648	3.165.857	1.073.418.849	1.072.523	448.171.626	230.913	242.542.728	261.814
10	Kromit	11	11	0	0	970.925	463.476	424.000	177.869	234.000	111.150	17.021.700	6.806.963	12.643.200	5.057.280	10.203.589	4.080.781
11	Kromit Piaser ¹⁾	10	10	0	0	3.239.850	1.387.522	266.795	104.711	3.638.236	576.895	891.813	371.716	3.552.165	137.971	-	-
12	Mangan	120	120	0	1	2.845.838	1.013.756	96.570.082	45.278.921	45.016.891	21.051.849	49.464.962	21.663.101	110.272.386	51.431.564	21.038.655	7.010.634
13	Molibdenum	7	7	0	0	-	-	2.744.124.333	270.482	37.000.000	3.955	28.000.000	2.576	-	-	-	-
14	Monsast ¹⁾	48	48	0	0	-	-	6.925.308.651	182.138	203.501	4.493	432.442	32	-	-	-	-
15	Nikel	371	376	6	74	222.627.717	2.111.694	8.239.481.003	88.530.696	5.491.461.777	49.978.499	3.604.717.262	35.701.239	3.384.605.114	37.142.737	1.644.304.266	17.921.150
16	Pasir Besi	122	122	0	1	744.791.450	25.491.985	2.295.665.711	352.117.348	825.500.254	263.701.283	874.901.042	285.079.491	848.724.968	334.317.402	367.033.318	142.309.684
17	Perak	219	224	6	35	502.206	206	3.483.951.798	96.655	5.142.772.164	53.091	2.512.302.339	14.733	2.862.123.050	42.358	476.153.184	1.928
18	Platina	4	4	0	0	250.000	0,01	30.000.000	1,20	32.250.000	6,32	52.500.000	0,35	-	-	-	-
19	Seng	31	32	1	3	12.818.900	1.695.252	1.380.778.190	17.240.539	2.322.842.079	42.123.729	53.081.927	2.241.904	33.367.395	1.314.913	34.532.820	1.484.429
20	Tembaga	103	103	0	5	273.355.127	790.271	8.090.468.245	25.992.747	5.057.761.624	28.431.363	2.653.220.677	11.684.122	2.394.987.663	18.249.848	641.678.927	2.041.154
21	Timah ¹⁾	391	392	2	21	100.793.919	6.909	2.397.460.223	683.192	1.702.737.913	619.621	3.290.792.617	1.200.881	5.590.009.494	1.178.064	1.337.270.889	1.068.966
22	Timbal	47	48	1	2	12.629.825	229.844	1.487.610.488	36.213.129	2.363.636.901	53.133.850	144.348.921	3.566.345	38.108.571	1.061.123	37.419.397	952.763
23	Titani Latent	19	19	0	0	9.957.102	70.370	302.945.251	2.598.980	800.079.040	4.040.520	238.661.015	3.333.109	171.180.556	1.048.774	34.680.228	242.927
24	Titani Piaser	33	33	0	0	34.960.593	3.424.595	225.563.703	15.351.992	200.304.431	12.536.663	172.588.958	9.760.630	194.039.743	10.697.528	12.926.309	483.990
25	Vanadium	1	1	0	0	-	-	-	-	183.793.000	1.249.792	47.008.000	324.355	133.447.186	907.441	28.182.330	194.458
26	Zenotim ¹⁾	5	5	0	0	-	-	6.468.257.914	20.734	-	-	-	-	-	-	0,09	0,06
	Total	2.611	2.645	38	243												

¹⁾ Satuan bijih/konsentrasi dalam%!

Ada pemutakhiran data

Tabel 3. Total Sumber daya dan Cadangan Mineral Logam Tahun 2022

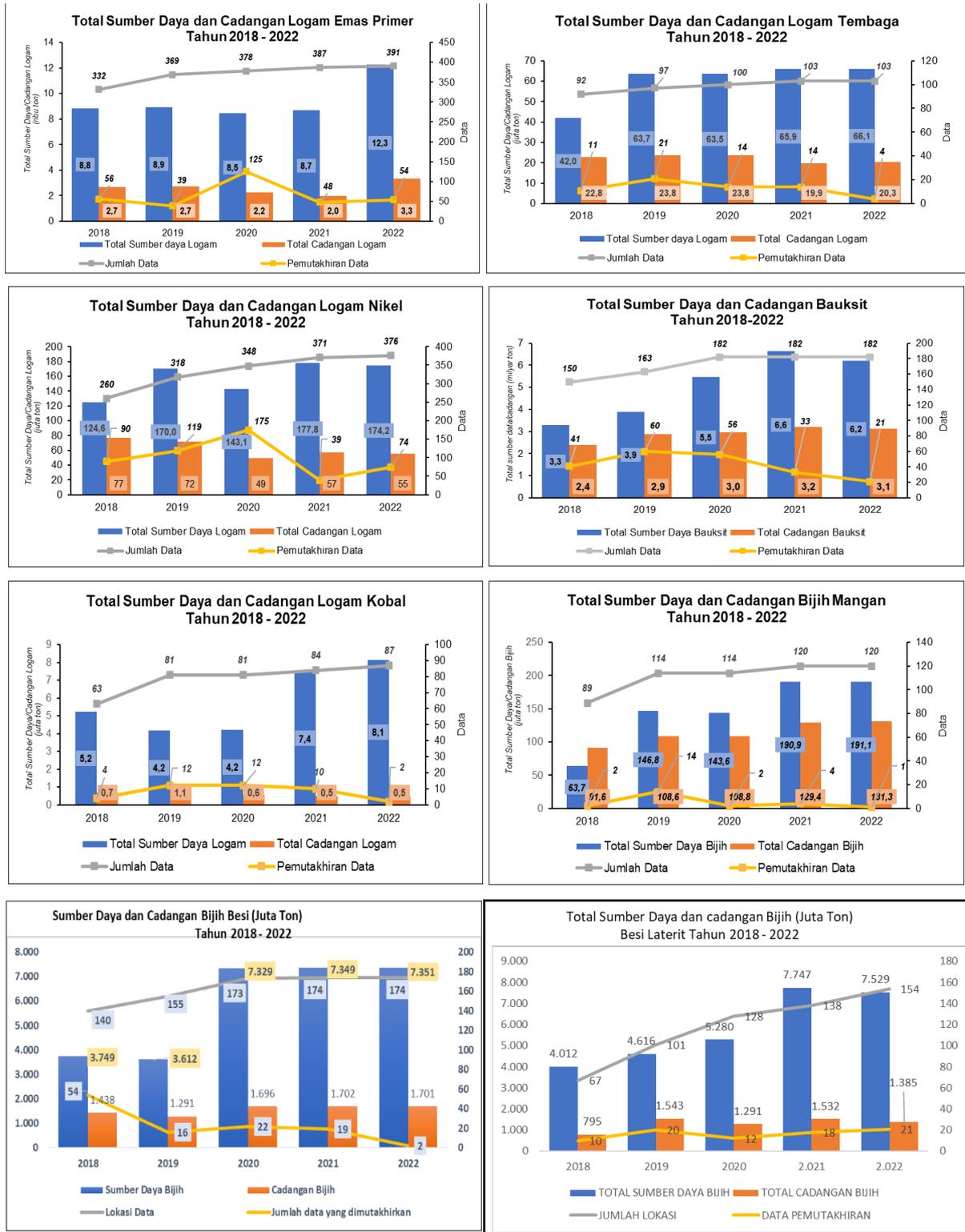
NO.	KOMODITAS	TOTAL SUMBER DAYA (TON)		TOTAL CADANGAN (TON)		Produksi (Januari s/d Desember Tahun 2022)
		BIJIH	LOGAM	BIJIH	LOGAM	Bijih (Ton)
1	Air Raksa	32.254.882	76	-	-	-
2	Antimon	11.890.421	375.555	3.958.633	15.835	-
3	Bauksit	6.211.277.289	1.123.636.697	3.135.777.682	533.891.953	24.660.970
4	Besi Laterit	7.529.200.394	1.144.554.418	1.385.448.902	309.692.423	2.009.903
5	Besi Primer	7.351.053.644	1.672.439.233	1.701.105.310	353.075.328	3.014.412
6	Besi Sedimen	5.825.623	3.680.168	-	-	-
7	Emas Aluvial ^{*)}	1.631.585.109	355	64.426.139	150	-
8	Emas Primer	16.454.341.120	12.285	3.870.610.382	3.324	25.202.810
9	Kobal	3.291.045.800	8.129.699	690.714.354	492.726	-
10	Kromit	17.679.700	7.095.982	22.846.799	9.138.061	-
11	Kromit Plaser ^{*)}	4.795.844	1.053.322	3.552.165	137.971	-
12	Mangan	191.051.934	87.993.872	131.311.041	58.442.198	-
13	Molibdenum	2.809.124.333	277.013	-	-	-
14	Monasit ^{*)}	6.925.944.594	186.663	-	-	-
15	Nikel	17.335.660.041	174.210.434	5.028.909.381	55.063.887	117.226.560
16	Pasir Besi	3.996.067.006	900.898.123	1.215.758.286	476.627.086	-
17	Perak	11.139.026.301	164.478	3.338.276.233	44.287	-
18	Platina	114.750.000	8	-	-	-
19	Seng	3.756.502.196	61.606.172	67.900.215	2.809.342	-
20	Tembaga	15.801.450.547	66.108.232	3.036.676.590	20.291.002	132.873.238
21	Timah ^{*)}	7.390.990.753	2.503.695	6.927.280.363	2.247.030	28.382 ^{*)}
22	Timbal	3.995.596.310	92.913.324	75.527.968	2.013.886	-
23	Titan Laterit	1.341.685.306	9.972.609	205.860.784	1.291.700	-
24	Titan Plaser	598.457.092	37.649.286	206.966.052	11.181.518	-
25	Vanadium	230.801.000	1.574.148	161.629.516	1.101.899	-
26	Xenotim ^{*)}	6.466.257.914	20.734	0,09	0,06	-
	Total					

Tabel 4. Sumber Daya dan Cadangan Nikel Tahun 2022 (Kadar Ni < 1,5% dan Ni >= 1,5%)

Kadar Ni	Cadangan									
	Tereka		Tertunjuk		Terukur		Terkira		Terbukti	
	Bijih (wmt)	Logam								
Ni < 1,5 %	4.557.817.520	31.423.513	3.478.050.395	25.320.641	1.814.711.176	12.953.473	1.431.337.164	12.384.036	242.743.523	2.078.687
Ni > 1,5%	3.681.663.483	57.107.182	2.013.411.382	24.657.858	1.790.006.086	22.747.766	1.953.267.950	24.758.702	1.401.560.743	15.842.462

Tabel 5. Sumber Daya dan Cadangan Nikel Tahun 2022 (Kadar Ni < 1,7% dan Ni >= 1,7%)

Kadar Ni	Cadangan									
	Tereka		Tertunjuk		Terukur		Terkira		Terbukti	
	Bijih (wmt)	Logam								
Ni < 1,7 %	6.535.431.168	52.631.373	4.316.406.503	34.984.859	2.529.343.366	21.652.013	2.084.150.653	19.780.697	560.703.991	5.958.672
Ni > 1,7%	1.704.049.835	35.899.322	1.175.055.273	14.993.640	1.075.373.896	14.049.226	1.300.454.461	17.362.040	1.083.600.275	11.962.477



Gambar 3. Trend Total Sumber Daya dan Total Cadangan Emas, Tembaga, Nikel, Bauxit, Kobal, Mangan, Bijih Besi dan Besi Laterit Tahun 2018 - 2022

Pemutakhiran data Neraca sumber daya dan cadangan Mineral bukan Logam

dan Batuan tahun 2022, telah melakukan inventarisasi sebanyak 457 data yang

berasal dari 365 IUP mineral bukan logam dan batuan dari Ditjen Minerba serta 92 lokasi hasil penyelidikan PSDMBP- Badan Geologi. Hasil pemutakhiran data neraca sumber daya dan cadangan mineral bukan logam dan batuan Tahun 2022 meningkat dibandingkan tahun sebelumnya, yakni diperoleh 330 titik lokasi baru komoditas mineral bukan logam di Indonesia, untuk 19 komoditas dan pemutakhiran sebanyak 127 lokasi, untuk 15 komoditas pada beberapa provinsi. Sehingga neraca mineral bukan logam tahun 2022 didapat jumlah lokasi sebanyak 4.600 titik komoditas tersebar di seluruh Indonesia dengan jumlah komoditas 57 jenis. Adapun beberapa komoditas mineral bukan logam terdapat pemutakhiran sumber daya dan

cadangan yang cukup signifikan, diantaranya batu gamping, dolomit, fosfat, andesit, pasir kuarsa, pasir zirkon, lempung, zeolit dan bentonit. Andesit mengalami peningkatan signifikan pada sumber daya dan cadangan. Total sumber daya dan cadangan batu gamping terjadi peningkatan signifikan, dolomit terjadi penambahan untuk sumber daya tereka, sumber daya tertunjuk, sumber daya terukur dan cadangan terbukti. Peningkatan signifikan untuk komoditas fosfat pada total sumber daya. Total sumber daya dan cadangan pasir kuarsa dan pasir zirkon terjadi peningkatan signifikan, jika dibandingkan dengan tahun 2021



Gambar 4 Grafik total sumber daya dan cadangan batugamping, pasir kuarsa, fosfat dan pasir zirkon

Tabel 6 Neraca Sumber Daya dan Cadangan Komoditas Mineral Bukan Logam dan Batuan

NO	KOMODITI	JUMLAH NERACA		PENAMBAHAN DATA 2022	PEMUTAKHIRAN 2022	SUMBER DAYA (TON)			CADANGAN (TON)	
		2021	2022			TEREKA	TERTUNJUK	TERUKUR	TERKIRA	TERBUKTI
1	Ametis	1	1	-	-	8,668	-	-	-	-
2	Andesit	601	665	64	57	12,991,042,290	5,190,750,248	4,146,791,010	2,392,408,583	11,325,413,036
3	Ball / Bond Clay	14	14	-	-	54,401,000	3,400,000	457,552	51,268	925,356
4	Barit	5	5	-	-	300,000	37,078,000	-	-	-
5	Basal	31	32	1	-	4,961,872,415	96,717,483	5,946,316	5,975,815	4,295,295
6	Batu Hias	16	24	8	-	102,700	70,500	133,380	64,040	153,100
7	Batukuarsa	4	4	-	-	3,370,000	2,250,000	22,715,139	4,498,936	16,910,000
8	Batuan Pembawa Kalium	31	31	-	-	56,676,412,100	13,229,435,793	1,439,436,948	-	-
9	Batu apung	29	29	-	-	96,811,000	65,283,000	-	-	-
10	Batu gamping	866	930	66	27	179,772,792,676	16,458,794,850	14,678,760,320	7,507,180,612	6,558,316,000
11	Batusabak	6	6	-	-	-	-	-	-	-
12	Belerang	17	17	-	-	254,400	2,610,192	357,100	2,610,192	-
13	Bentonit	105	108	3	3	292,603,805	71,399,660	15,381,656	6,129,890	10,920,786
14	Dasit	22	22	-	-	2,026,125,000	-	-	-	-
15	Diabas	1	1	-	-	-	-	-	-	-
16	Diatomea	12	12	-	-	52,000	31,004,700	-	-	-
17	Diorit	28	28	-	-	520,000,000	780,730	-	604,195	-
18	Dolomit	52	72	18	4	2,680,925,354	1,491,175,766	276,557,165	8,130,406	295,676,349
19	Felspar	166	168	2	-	4,351,006,002	497,331,018	72,097,776	13,429,888	41,937,581
20	Fosfat	62	72	10	1	4,453,853	5,477,079	1,353,588	-	187,561
21	Gypsum	13	13	-	-	-	9,890	161,000	-	-
22	Glok	1	1	-	-	74,475	-	-	-	-
23	Granit	142	150	8	1	17,575,756,274	674,544,268	3,352,701,203	468,330,137	268,516,152
24	Grafit	1	1	-	-	17,000,000	14,300,000	-	-	-
25	Granodiorit	8	8	-	-	-	-	-	-	-
26	Intan*	3	3	-	-	33,522,908	10,067,293	-	10,066,271	-
27	Jasper	2	2	-	-	-	650,000	-	-	-
28	Kalsedon	9	9	-	-	1,621,500	-	36,000	-	-
29	Kalsit	7	7	-	-	62,092,200	-	-	377,632,565	-
30	Kaolin	113	113	-	-	225,335,228	97,149,200	16,905,292	2,302,612	5,990,630
31	Kayu Terkesikkan	1	1	-	-	13,750	-	-	-	-
32	Kuarsit	16	16	-	1	27,329,944	237,154,899	-	-	-
33	Lempung	547	559	12	1	8,812,784,356	1,222,468,736	816,284,154	1,017,097,298	363,256,164
34	Magnesit	1	1	-	-	-	-	-	-	-
35	Marmor	118	122	4	1	3,757,688,071	577,798,078	475,585,779	40,646,989	15,298,325
36	Obsidian	7	7	-	-	62,720,000	-	-	-	-
37	Oker	11	11	-	-	-	45,000	-	-	-
38	Oniks	3	3	-	-	-	-	-	-	-
39	Opal	2	2	-	-	-	-	1,67	-	-
40	Pasir zirkon	50	58	8	-	202,017,345	121,989,339	87,015,153	68,187,476	56,080,214
41	Pasirkuarsa	339	370	31	4	792,961,241	1,677,587,987	644,482,080	838,447,902	284,073,368
42	Pasir Laut*	20	31	11	-	1,748,442,292	2,655,152,648	106,481,246	2,233,843,574	95,196,286
43	Gabro/Peridotit	19	19	-	3	74,041,947	16,067,391	9,995,202	11,468,864	9,011,895
44	Perlit	20	20	-	-	193,004,000	938,000	-	-	-
45	Pirofilit	8	8	-	1	32,039,471	10,543,237	7,833,289	6,148,581	1,241,185
46	Prehnit	1	1	-	-	-	4,200	-	-	-
47	Rijang	6	8	2	-	24,083,210	-	-	-	-
48	Serpentinit	12	12	-	-	137,500	-	-	-	-
49	Sirtu	443	514	71	18	3,533,833,148	400,931,673	1,240,849,592	844,267,888	265,365,912
50	Talk	5	5	-	-	1,945,000	1,200	-	-	-
51	Toseki	36	36	-	-	48,816,000	5,080,000	-	-	-
52	Trakhit	23	23	-	-	-	1,286,927,500	-	-	-
53	Tras	108	114	6	3	239,394,808	83,577,292	80,353,722	180,814,441	13,545,290
54	Travertin	1	1	-	-	7,500	-	-	-	-
55	Ultrabasa	63	64	1	-	51,220,902,283	15,167,920,000	-	2,110,560	-
56	Yodium	4	4	-	-	-	-	138,192	9,020	1,638
57	Zeolit	38	42	4	2	113,190,000	141,249,506	38,826,791	3,055,283	1,201,575
		4270	4600	330	127					

Catatan : *Intan, satuan Karat
*Pasir laut, satuan m³

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim , 2022. Buku Neraca Sumber Daya dan cadangan Sumber daya Mineral, batubara dan panas bumi tahun 2021, PSDMBP-Badabn Geologi, Bandung
- Undang -Undang No 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 14 Tahun 2022 tentang Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Nasional
- SNI 6728:4 Tahun 2015 tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam - Bagian 4: Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara
- SNI 4726 Tahun 2019 tentang pedoman pelaporan hasil eksplorasi sumber daya dan cadangan mineral

EVALUASI DATA MINERAL UNTUK PENENTUAN DAERAH TARGET EKSPLORASI

Rifi Sani Nugraha, John Mauritz, dan Wawan Setiawan

Kelompok Kerja Mineral

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Evaluasi data mineral untuk menentukan wilayah serta metode penyelidikan yang akan dilakukan. Data yang dievaluasi meliputi data teknis dan administrasi, baik dari internal maupun eksternal PSDMBP. Kegiatan evaluasi tersebut menghasilkan beberapa wilayah target eksplorasi untuk komoditas Pasir Besi, Nikel, Serpentin dan Grafit. Terdapat tujuh wilayah target eksplorasi untuk komoditas nikel yang semuanya berada di Kabupaten Halmahera Timur. Selain itu, terdapat beberapa wilayah untuk komoditas lainnya, yaitu Kabupaten Sumbawa untuk komoditas pasir besi, Aceh Besar untuk komoditas serpentin dan Mandailing Natal untuk komoditas grafit.

Kata kunci: Evaluasi Data, Target Eksplorasi, Pasir Besi, Nikel, Serpentin, Grafit

PENDAHULUAN

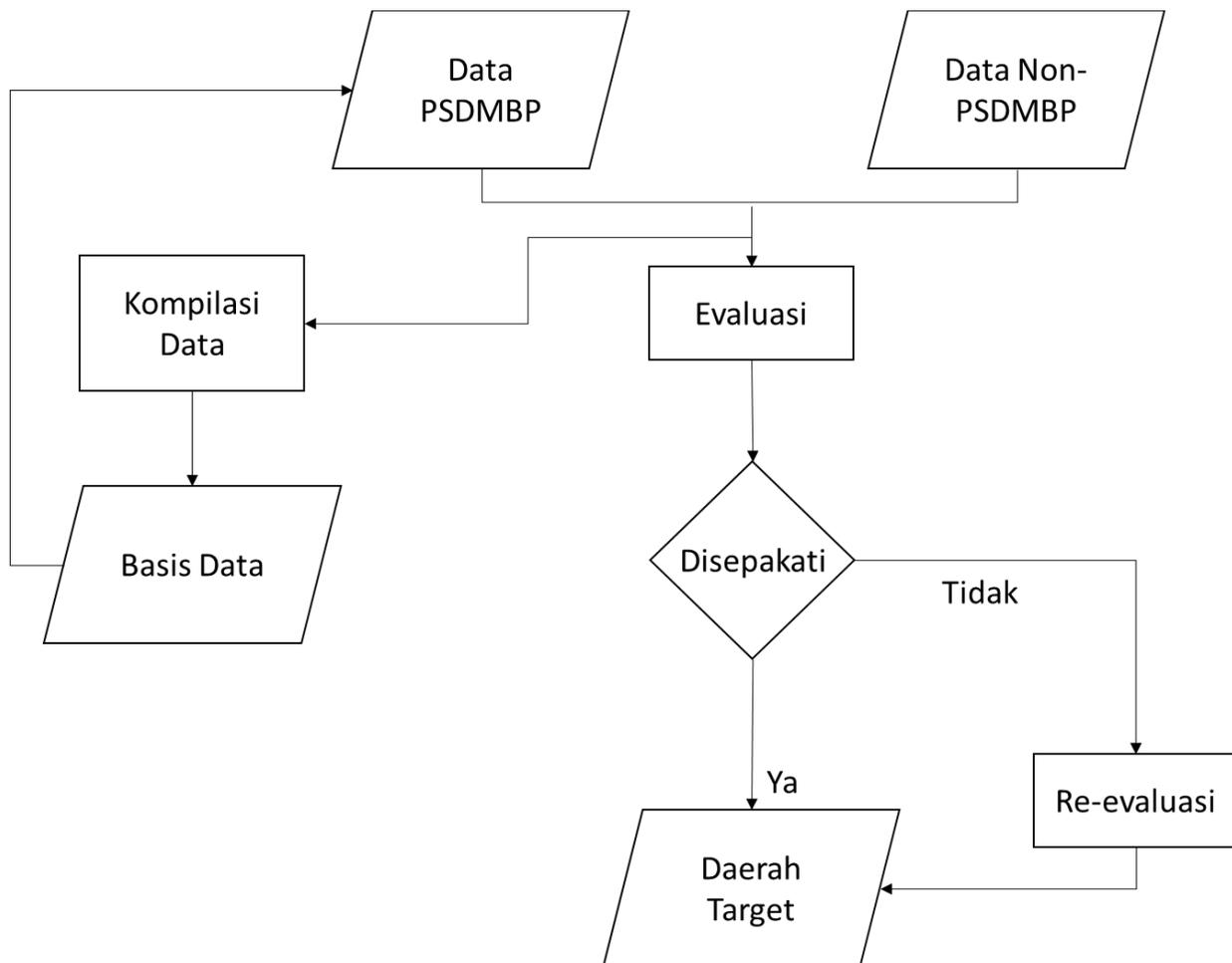
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) telah melakukan banyak kegiatan penyelidikan dari awal berdirinya. Hasil dari kegiatan tersebut terdokumentasi baik berupa data digital maupun *hardcopy*. Selain data internal kegiatan penyelidikan, PSDMBP juga menginventarisasi data dari perusahaan. Data-data tersebut dapat dimanfaatkan sebagai data awal untuk merencanakan kegiatan penyelidikan selanjutnya.

Pada tahun 2021, kegiatan evaluasi data untuk menentukan wilayah target eksplorasi didominasi oleh wilayah dengan komoditas emas sebagai mineral strategis. Perkembangan teknologi memunculkan

komoditas-komoditas baru sebagai mineral strategis. Oleh karena itu, pada tahun 2022 dievaluasi beberapa komoditas, yaitu nikel, besi, serpentin dan grafit.

METODOLOGI

Sistematika dan metode pekerjaan yang dilaksanakan dalam kegiatan ini meliputi Inventarisasi data penyelidikan dan literatur yang berkaitan, pembuatan basis data dan evaluasi data (Gambar 1). Inventarisasi data yang dimaksudkan merupakan data yang berasal dari kegiatan PSDMBP maupun data dari eksternal PSDMBP. Keluaran dari evaluasi data-data tersebut berupa wilayah target dan metode penyelidikan.



Gambar 1. Sistematika pelaksanaan kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian dan evaluasi terhadap data-data tersebut menghasilkan beberapa wilayah target eksplorasi. Komoditas target hasil evaluasi tersebut antara lain nikel, pasir besi, grafit dan serpentin. Penentuan wilayah target eksplorasi didasarkan pada kelayakan teknis dan non-teknis. Faktor teknis yang dipertimbangkan antara lain data geokimia, geofisika, litologi serta data lainnya yang menunjukkan indikasi mineralisasi. Sedangkan data non-teknis yang dievaluasi yaitu berupa status tata guna lahan dan ketersediaan Izin Usaha Pertambangan.

Pasir Besi Sumbawa

Penyelidikan terkait pasir besi di Pulau Sumbawa dilanjutkan pada tahun 2021 oleh PSDMBP yang berlokasi di Kecamatan Lunyuk. Terdapat tiga blok pada kegiatan penyelidikan tersebut, yaitu Blok Sepang, Blok Emang dan Blok Kuang Dingin. Metode yang dilakukan adalah pengeboran dengan spasi sejajar pantai antara 100 m s.d. 200 m dan tegak lururs pantai antara 20 m s.d. 40 m. Perhitungan sumber daya pasir besi dilakukan pada ketiga blok tersebut sehingga dihasilkan sumber daya tertunjuk dan tereka (Tabel 1).

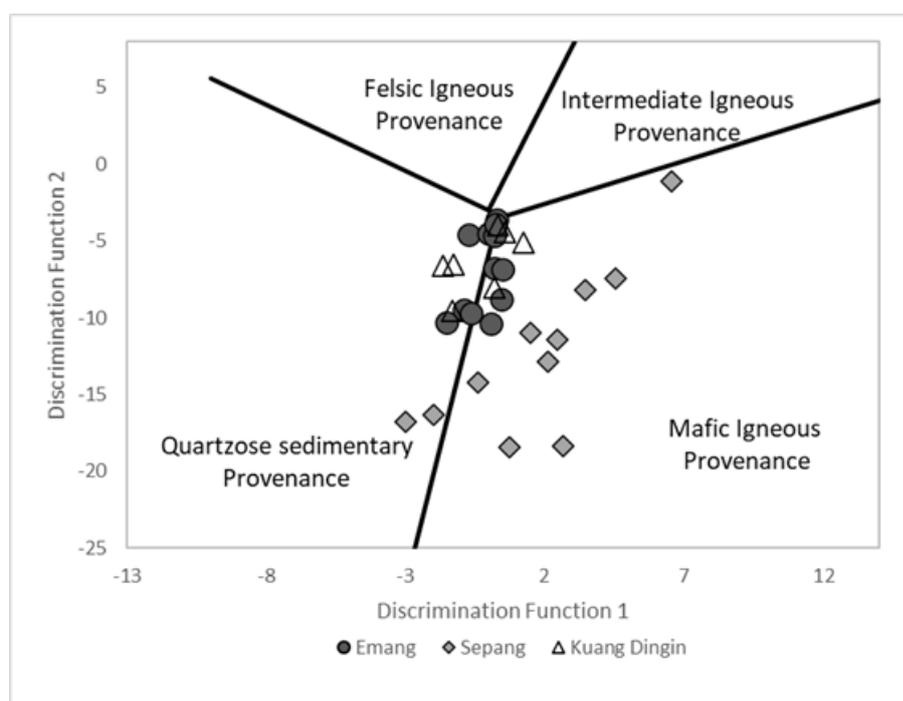
Selain unsur Fe, unsur V dan Ti juga terkayakan pada konsentrat. Kadar Fe pada konsentrat berkisar antara 53,37% s.d. 55,97%. Sementara kadar Ti dan V masing-masing berkisar antara 5,08% s.d. 5,89% dan 3.030 s.d. 4.930 ppm. Data terkait kedua unsur tersebut dibutuhkan untuk pemanfaatan lebih lanjut.

Berdasarkan data-data tersebut, penyelidikan untuk pengungkapan potensi pasir besi beserta unsur ikutannya di Pulau Sumbawa perlu dilakukan. Penentuan wilayah target eksplorasi, salah satunya

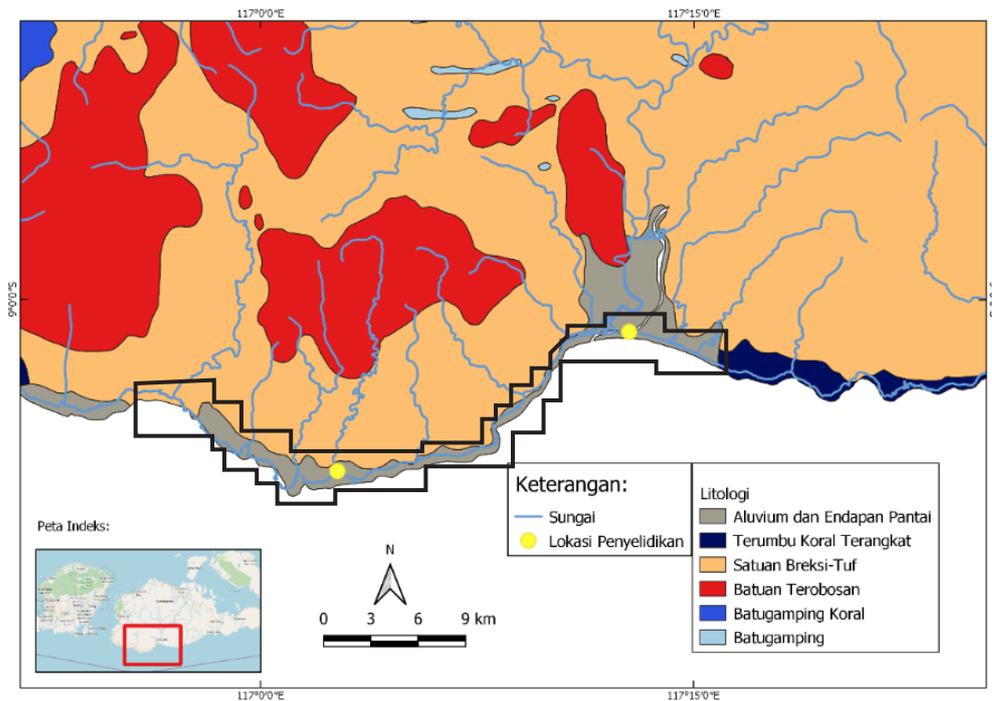
didasarkan pada kajian *provenance* dari material pasir besi pada penyelidikan tahun 2021. Berdasarkan kajian tersebut, pasir besi diperkirakan berasal dari batuan bersifat basaltis (Gambar 2). Secara regional, batuan yang memiliki karakteristik tersebut adalah satuan intrusi di utara daerah penyelidikan. Berdasarkan, daerah aliran sungai yang melalui satuan tersebut serta data inventarisasi pasir besi, maka ditentukan wilayah target eksplorasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Rekapitulasi Sumber Daya Pasir Besi di Kecamatan Lunyuk

No.	Nama Blok	Sumber Daya Bijih (ton)	Sumber Daya Konsentrat (ton)	Klasifikasi Sumber Daya
1	Emang	1.365.931,04	252.934,92	Tertunjuk
2	Sepang	629.635,48	121.529,68	Tertunjuk
3	Kuang Dingin	2.569.298,07	348.999,06	Tereka



Gambar 2. Klasifikasi provenance material pasir berdasarkan diagram Roser dan Korsch (1988)



Gambar 3. Lokasi Target Eksplorasi Pasir Besi di Kecamatan Lunyuk

Metode penyelidikan yang direkomendasikan pada wilayah target eksplorasi tersebut dibagi menjadi dua tahap. Pertama, dilakukan uji petik di sepanjang pantai dengan mengambil sampel bor tangan dengan kedalaman 3-5 m. Kedua, dilakukan pengambilan dengan sistem *grid* pada wilayah dengan potensi pasir besi signifikan berdasarkan hasil uji petik. Keluaran dari kegiatan penyelidikan tersebut adalah sumber daya dan hasil kajian terhadap unsur ikutannya.

Nikel Halmahera Timur

Penentuan wilayah target eksplorasi di Kabupaten Halmahera Timur didasarkan pada evaluasi dari laporan Kegiatan Penyelidikan dan Penyidikan Usulan WIUP Mineral Logam Program Pengelolaan Pertambangan Mineral dan

Batubara tahun Anggaran 2020 – Provinsi Maluku Utara. Kegiatan tersebut dilakukan oleh PT Citra Sarana Infotama dengan didampingi oleh Dinas Energi Sumberdaya Mineral Provinsi Maluku Utara untuk menginventarisasi data dan informasi terkait potensi nikel di wilayah Maluku Utara. Kegiatan lapangan yang dilakukan adalah pemetaan, *test-pit* dan pemboran. Selain itu, dilaporkan juga beberapa data pemboran yang dilakukan oleh perusahaan.

Salah satu wilayah yang menjadi objek penyelidikan adalah Kabupaten Halmahera Timur. Berdasarkan laporan tersebut, terdapat tujuh blok penyelidikan, yaitu:

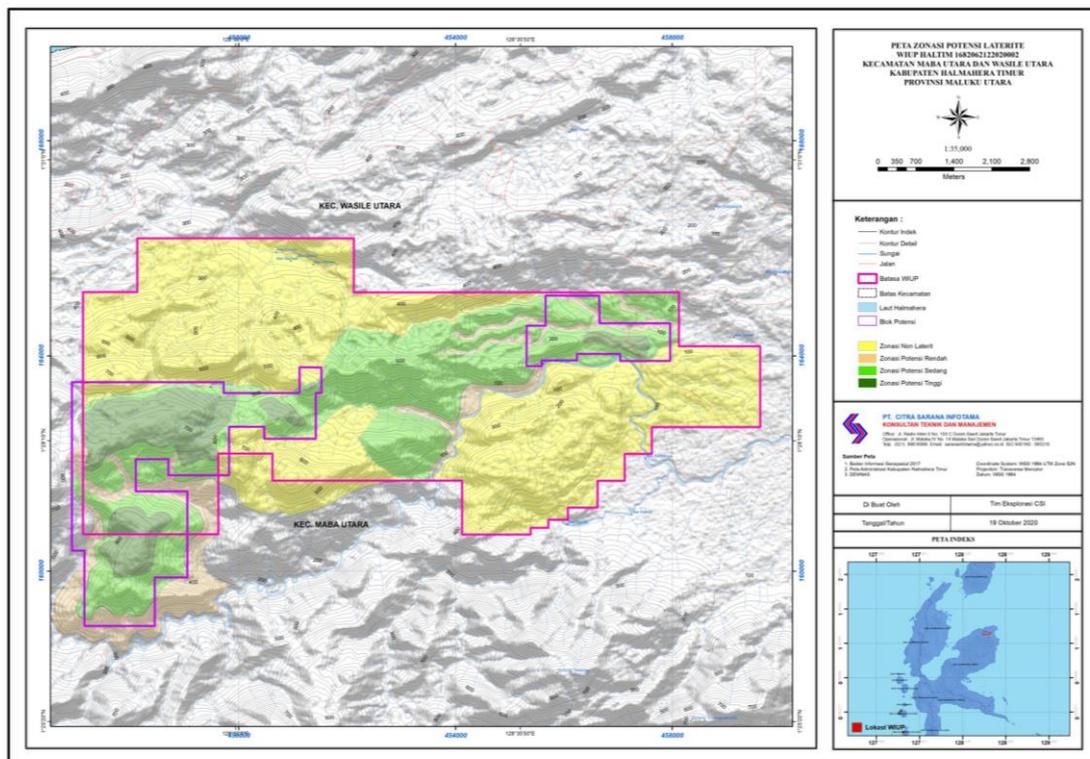
1. Blok Haltim-01 berlokasi di Majiko, Wasile Utara

2. Blok Haltim-02 berlokasi di Patlean, Maba Utara dan Wasile Utara
3. Blok Haltim-03 berlokasi di Wasile Timur
4. Blok Haltim-04 berlokasi di Wasile dan Wasile Selatan
5. Blok Haltim-05 berlokasi di Wasile dan Wasile Selatan
6. Blok Haltim-06 berlokasi di Wasile dan Wasile Selatan
7. Blok Haltim-07 berlokasi di Maba, Wasile dan Wasile Selatan

Berdasarkan evaluasi secara teknis dan administrasi, dari ketujuh blok tersebut, terdapat dua blok yang dapat diusulkan untuk kegiatan penyelidikan lebih lanjut,

kedua blok tersebut adalah Blok Haltim-02 dan Blok Haltim-03.

Blok Haltim-02 memiliki luas 4.809,17 ha. Blok tersebut berlokasi di Patlean, Maba Utara dan Wasile Utara. Secara tata guna lahan, blok tersebut meliputi wilayah HPT dan HP. Data yang tersedia pada blok tersebut diantaranya adalah sebaran batuan ultrabasa serta data pemboran. Terdapat 14 titik data pemboran di bagian barat daya Blok. Kedalaman pemboran berkisar antara 5 s.d. 8 m. Hasil analisis kimia terhadap data pemboran menunjukkan kadar Ni 0,02% s.d. 1,88% dan Fe 7,97% s.d. 47,32%. Berdasarkan analisis kemiringan lereng melalui data SRTM serta satuan batuan ultrabasa, zona lateritisasi dapat dibagi menjadi empat kelas (Gambar 4).



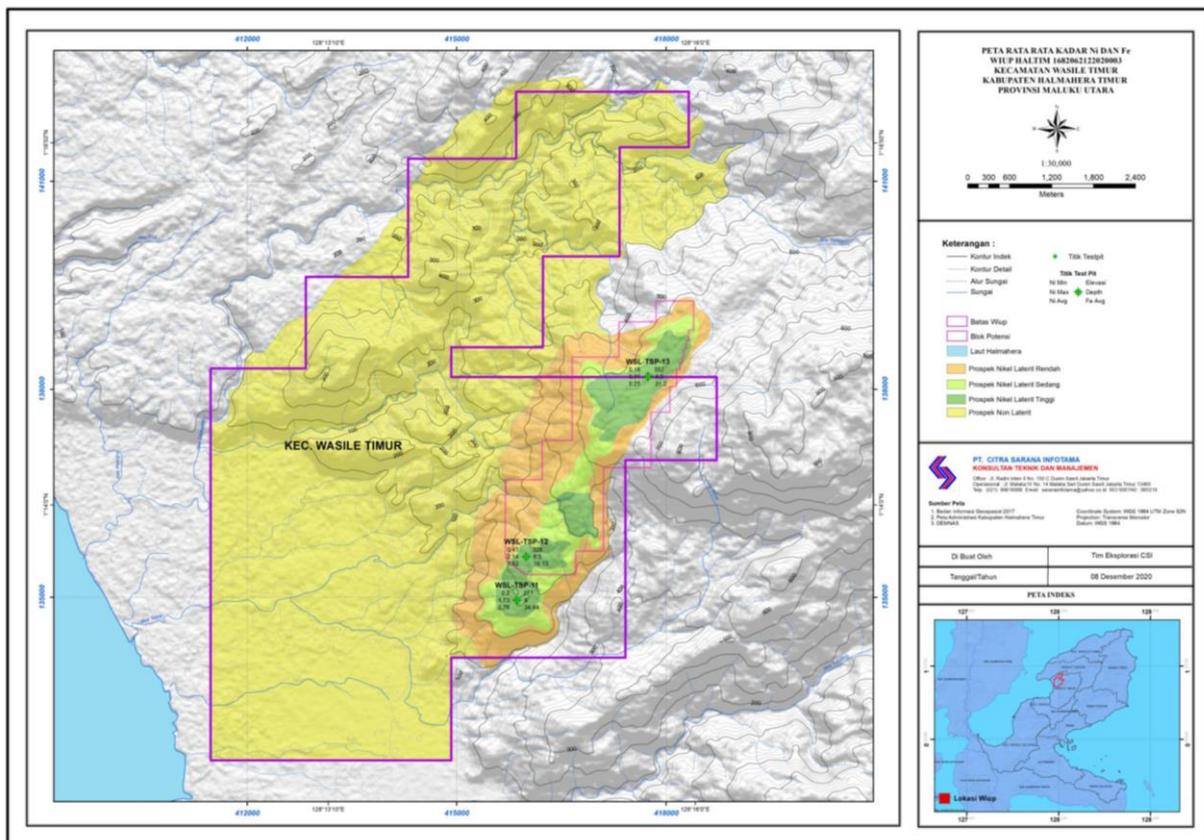
Gambar 4. Peta zonasi potensi laterit blok haltim 02 (PT CSI, 2020)

Rekomendasi untuk Blok Haltim-02 adalah dilakukan pemboran dengan sistem *grid* dengan spasi 100 s.d. 200 m pada wilayah dengan batuan dasar berupa ultrabasa. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk mengestimasi sumber daya pada wilayah penyelidikan.

Blok Haltim-03 memiliki luas 4.227,12 ha. Blok tersebut berlokasi di Wasile Timur. Secara tata guna lahan, blok tersebut meliputi wilayah HPT, HPK, HP dan HL. Data yang tersedia pada blok tersebut diantaranya adalah sebaran batuan ultrabasa serta data *test pit*. Terdapat tiga titik data *test pit* pada wilayah dengan batuan dasar ultrabasa. Kedalaman *test pit*

berkisar antara 4,5 s.d. 6,5 m. Hasil analisis kimia terhadap data *test pit* menunjukkan kadar Ni 0,18% s.d. 2,14% dan Fe 7,97% s.d. 47,32%. Berdasarkan analisis kemiringan lereng melalui data SRTM serta satuan batuan ultrabasa, zona lateritisasi dapat dibagi menjadi empat kelas (Gambar 5).

Rekomendasi untuk Blok Haltim-03 adalah dilakukan pemboran dengan sistem *grid* dengan spasi 100 s.d. 200 m pada wilayah dengan batuan dasar berupa ultrabasa. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk mengestimasi sumber daya pada wilayah penyelidikan.



Gambar 5. Peta zonasi potensi laterit blok haltim 03 (PT CSI, 2020)

Serpentinit Aceh Besar

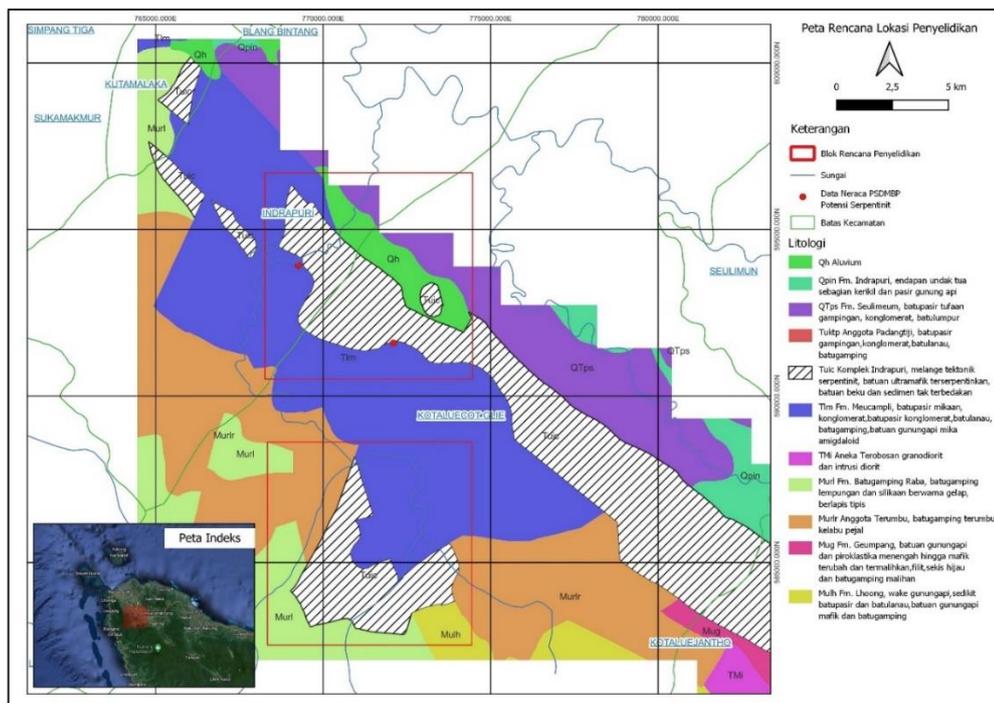
Kabupaten Aceh Besar merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi serpentinit di Indonesia. Berdasarkan data dari hasil kegiatan Inventarisasi Mineral Bukan Logam di Kabupaten Aceh Besar dan Kabupaten Pidie Provinsi Aceh (PSDG, 2009), terdapat potensi serpentinit di Kabupaten Aceh Besar. Data hasil kegiatan tersebut adalah :

1. Potensi serpentinit di Desa Lam Krueng dan Desa Riting, dengan sumberdaya hipotetik sebesar 13.500.000 ton
2. Potensi serpentinit di Desa Bak Sukon, dengan sumberdaya hipotetik sebesar 40.500.000 ton

Hasil Analisa laboratorium dari hasil kegiatan tersebut, serpentinit mengandung

$\text{SiO}_2 = 23,52\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,99\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4.99\%$; $\text{CaO} = 13,92\%$; $\text{MgO} = 27,57\%$. Hasil Analisa kimia tersebut menunjukkan kadar Mgo 27,57% yang dapat diperuntukkan sebagai bahan untuk pupuk kiserit dan perangkat gas CO_2 .

Berdasarkan data tersebut, penyelidikan untuk pengungkapan potensi serpentinit di Kabupaten Aceh Besar perlu dilakukan. Penentuan wilayah target eksplorasi didasarkan pada formasi pembawa serpentinit di Kabupaten Aceh Besar. Secara regional, Komplek Indrapuri merupakan formasi geologi dengan litologi yang mengandung serpentinit. Berdasarkan keberadaan formasi pembawa serpentinit tersebut, maka ditentukan wilayah target eksplorasi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Lokasi Target Eksplorasi Serpentinit di Kabupaten Aceh Besar

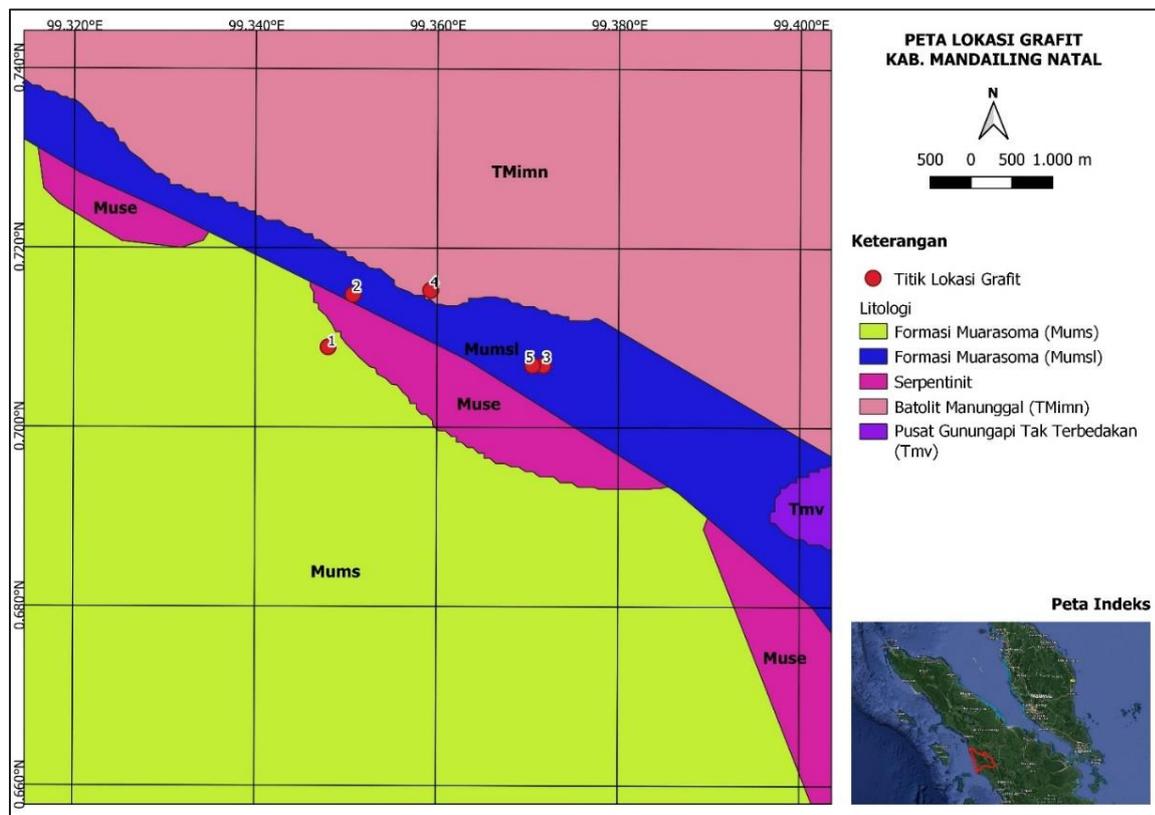
Metode penyelidikan yang direkomendasikan pada wilayah target eksplorasi tersebut adalah melakukan tahapan prospeksi pada wilayah target seluas ± 7.557 hektar. Pada tahapan prospeksi ini dilakukan pengambilan sampel batuan pada singkapan, dan juga sampel tanah/batuan hasil dari pembuatan sumur uji. Keluaran dari kegiatan penyelidikan ini adalah sumber daya dan laporan hasil penyelidikan.

Grafit Mandailing Natal

Keberadaan Grafit di Kabupaten Mandailing Natal diketahui bersamaan dengan kegiatan PSDMBP pada tahun 2022 yang melakukan Prospeksi Emas di Kabupaten Mandailing Natal. Grafit

dijumpai pada beberapa titik pengamatan di lokasi penyelidikan (Gambar 7).

Pada hasil penyelidikan PSDMBP tahun 2022 tersebut terdapat lima titik lokasi pengamatan batuan yang mengandung grafit, litologi dari kelima batuan tersebut adalah batulempung karbonan (Gambar 8 dan Gambar 9). Berdasarkan data tersebut di atas, penyelidikan untuk pengungkapan potensi grafit di Kabupaten Mandailing Natal perlu dilakukan. Penentuan wilayah target eksplorasi didasarkan pada terdapatnya formasi pembawa mineral grafit yaitu Formasi Muarasoma yang terdiri dari batusabak (Gambar 10). Batusabak merupakan salah satu batuan pembawa mineral grafit.



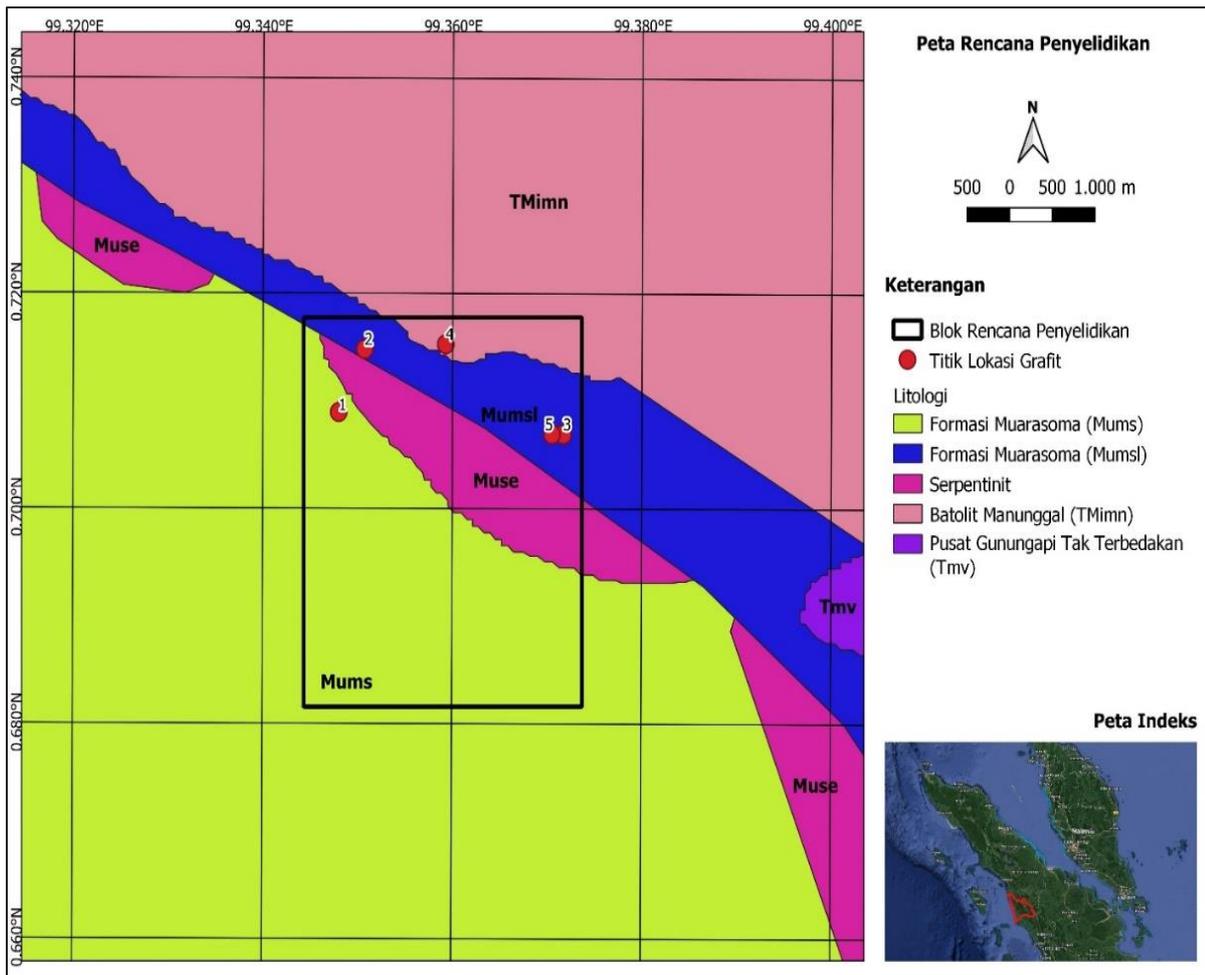
Gambar 7. Peta Lokasi Keterdapatn Grafit di Kabupaten Mandailing Natal



Gambar 8. Singkapan lempung karbonan pada titik lokasi 1



Gambar 9. Singkapan lempung karbonan pada titik lokasi 5



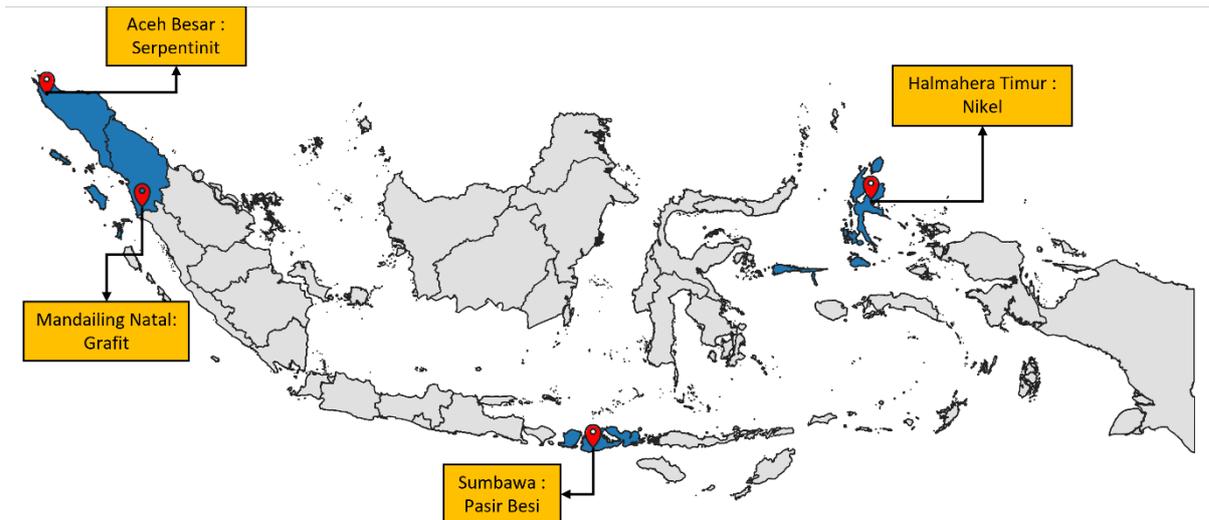
Gambar 10. Peta Lokasi Target Eksplorasi Grafit di Kabupaten Mandailing Natal

Metode penyelidikan yang direkomendasikan pada wilayah target eksplorasi tersebut adalah dilakukan uji petik pada Formasi Muarasoma, dengan mengambil sampel batuan dan melakukan uji analisis laboratorium untuk mengidentifikasi keterdapat mineral grafit.

KESIMPULAN

Penentuan wilayah target eksplorasi didasarkan pada evaluasi aspek

teknis dan aspek non-teknis (administrasi, status lahan dan lain-lain). Data-data teknis yang digunakan untuk penentuan target eksplorasi mayoritas berasal dari hasil penyelidikan oleh Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Selain itu, terdapat pula data eksternal PSDMBP berupa laporan hasil kegiatan penyelidikan. Berdasarkan evaluasi dari data-data tersebut, maka ditentukan beberapa wilayah target eksplorasi (Gambar 11).



Gambar 11. Lokasi target eksplorasi

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2020, *Kegiatan Penyelidikan dan Penyidikan Usulan WIUP Mineral Logam Program Pengelolaan Pertambangan Mineral dan Batubara Tahun Anggaran 2020 – Provinsi Maluku Utara*. PT CSI, Maluku Utara.
- Arndt N.T., Lluís F., Jeffrey W.H., Stephen E.K., John F.H.T. dan Daniel G.W. 2017. Future Global Mineral Resources. *Geochemical Perspectives* (6) 52-85
- Bennett, J. D., McC, D., Bridge, N. R. Cameron, A., Djunuddin, S. A. Ghazali, D. H., Jeffery, W. Keats, N. M. S., Rock, S.J. Thomson dan Whandoyo, R. (1981) *Peta Geologi Lembar Banda Aceh, Sumatera*. Direktorat Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung, Indonesia.
- Dzil Mulki, dkk. 2022. *Laporan Penyelidikan Emas dan Mineral Ikutannya dengan Metode Geologi, Geokimia dan Geofisika (IP dan Geomagnet) di Daerah Simanguntong, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara*. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung, Indonesia
- Iskandar, dkk., 2008. *Eksplorasi Umum Pasir Besi di Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- McDonough, W.F. and Sun, S.S., 1995. *The composition of the Earth. Chemical Geology, vol.120, p. 223-253*
- Nugraha, R.S., dkk., 2021. *Laporan Prospeksi Pasir Besi di Kabupaten Sumbawa Provinsi Nusa Tenggara Barat*. PSDMBP, Bandung.

- Rachmat,H., K.D. Santoso. 1997. *Penyelidikan/Eksplorasi Bahan Galian Pasir Besi Di Kabupaten Sumbawa Propinsi NTB*. Mataram.
- Roser, B.P., R.J.Korsch. 1988. *Provenance signatures of Sandstone-Mudstone Suites Determined Using Discriminant function Analysis of Major Element Data*. Elsevier Science Publisher B.V.,67,119-139.
- Sturges, H. 1926. *The choice of a class-interval*. J. Amer. Statist. Assoc., 21, 65–66.
- Sudradjat , A., S.A. Mangga, N. Suwarna.1998. *Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusatenggara, Skala 1:250.000*. PPPG, Bandung.
- Verma SP, Armstrong-Altrin JS.2013. *New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins*. Chemical Geology 355: 117-133

**PROSPEKSI LOGAM TANAH JARANG DENGAN METODE PENGEBORAN DANGKAL
DI DAERAH TAKANDEANG, KECAMATAN TAPALANG, KABUPATEN MAMUJU
PROVINSI SULAWESI BARAT**

Sulaeman¹, John Mauritz¹, Rifi Sani Nugraha¹, Bayu Sayekti¹, Denny Zahir²

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

²Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara

SARI

Data penyelidikan terdahulu menunjukkan potensi logam tanah jarang (LTJ) di daerah Kabupaten Mamuju cukup memiliki nilai yang cukup signifikan, kaitannya dengan unsur-unsur radioaktif (U dan Th). Data-data permukaan menunjukkan nilai yang cukup signifikan sehingga menarik untuk dikembangkan. Kegiatan prospeksi logam tanah jarang dengan metode pengeboran dangkal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan mengenai batuan pembawa logam tanah jarang dan juga lapukannya terutama pada Formasi Batuan Gunungapi Adang sebagai formasi pembawa logam.

Lokasi kegiatan prospeksi terletak di daerah Takandeang, Kecamatan Tapalang, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. Kegiatan ini dilakukan dengan melakukan pemetaan geologi dan pengeboran. Dari pemetaan geologi didapat 2 satuan batuan yang menyusun daerah kegiatan yaitu Satuan Breksi-basalt dan Satuan batugamping. Pengeboran dilakukan dengan kedalaman akhir 50 – 60 meter dengan ketebalan laterit paling tebal 20 meter dan paling dangkal 2 meter. Analisis laboratorium yang dilakukan terhadap sampel-sampel hasil pengeboran meliputi analisis *major element* (XRF), XRD, petrografi, mineragrafi, *micro* XRF dan ICP-MS.

Pengkayaan logam tanah jarang pada sampel batuan tertinggi terdapat pada lubang bor DHJ-08 dengan kadar 3.346,52 ppm. Sedangkan pengkayaan logam tanah jarang pada sampel *soil* tertinggi terdapat pada lubang bor DHK-10 dengan kadar tertinggi 6.012,32 ppm. Mineral pembawa logam tanah jarang teridentifikasi pada sampel batuan berupa apatit dan titanit, sehingga terdapat adanya pengkayaan logam tanah jarang pada batuan dan lapukannya/*soil*/tanah. Estimasi sumber daya bijih logam tanah jarang dari batuan sebesar 56.454.957,26 ton dengan estimasi sumber daya (Σ LTJ) sebesar 62.170,85 ton. Estimasi sumber daya bijih laterit logam tanah jarang sebesar 11.120.632,31 ton dengan estimasi sumber daya (Σ LTJ) sebesar 23.270,41 ton.

Berdasarkan data-data hasil pengeboran disertai dengan data-data penyelidikan terdahulu dan sebaran Formasi Gunungapi Adang sebagai formasi pembawa logam tanah jarang, maka dapat diusulkan untuk usulan wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) di daerah Kabupaten Mamuju untuk komoditi logam tanah jarang (LTJ) dengan luasan sekitar ± 3.733 ha.

Kata kunci: Logam Tanah Jarang, Mamuju, Formasi batuan Gunungapi Adang, apatit, WIUP

PENDAHULUAN

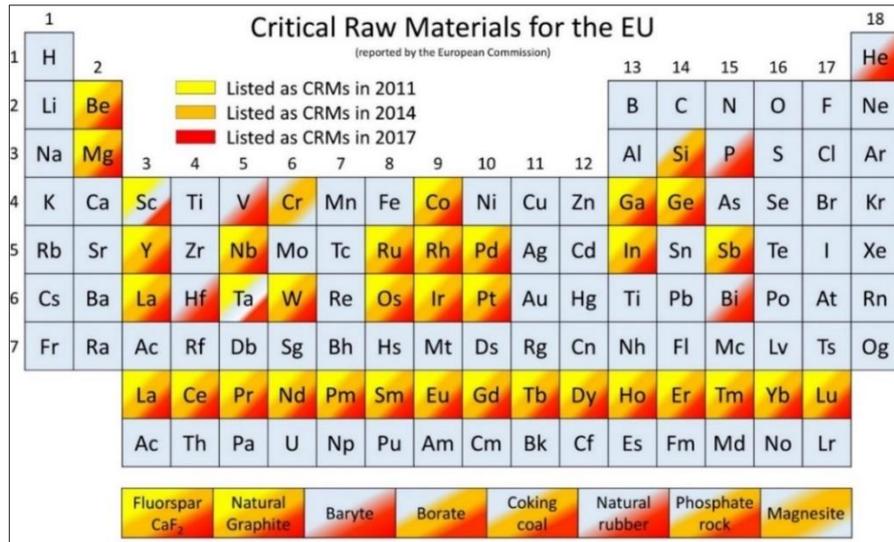
Pelaksanaan kegiatan eksplorasi mineral pada wilayah prospek dalam rangka penyiapan wilayah IUP mineral dilaksanakan dengan metode swakelola tipe 1 sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 tentang perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang pengadaan barang dan jasa pemerintah *juncto* Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah No 8 Tahun 2018 tentang Pedoman Swakelola.

Saat ini peran mineral sudah merambah dalam teknologi pengembangan energi, industry pertahanan dan teknologi tinggi (*high-tech*) lainnya. Unsur-unsur yang diperukan dalam industry *high-tech* merupakan unsur yang terdapat dalam jumlah yang tidak banyak dan memiliki nilai ekonomis atau *critical raw materials* (CRM) yang terbentuk sebagai mineral ikutan dari deposit mineral utama (Gambar 1). Keterdapatn berbagai jenis dan tipe cebakan/endapan mineral logam di Indonesia juga diikuti oleh variasi unsur-unsur ikutannya.

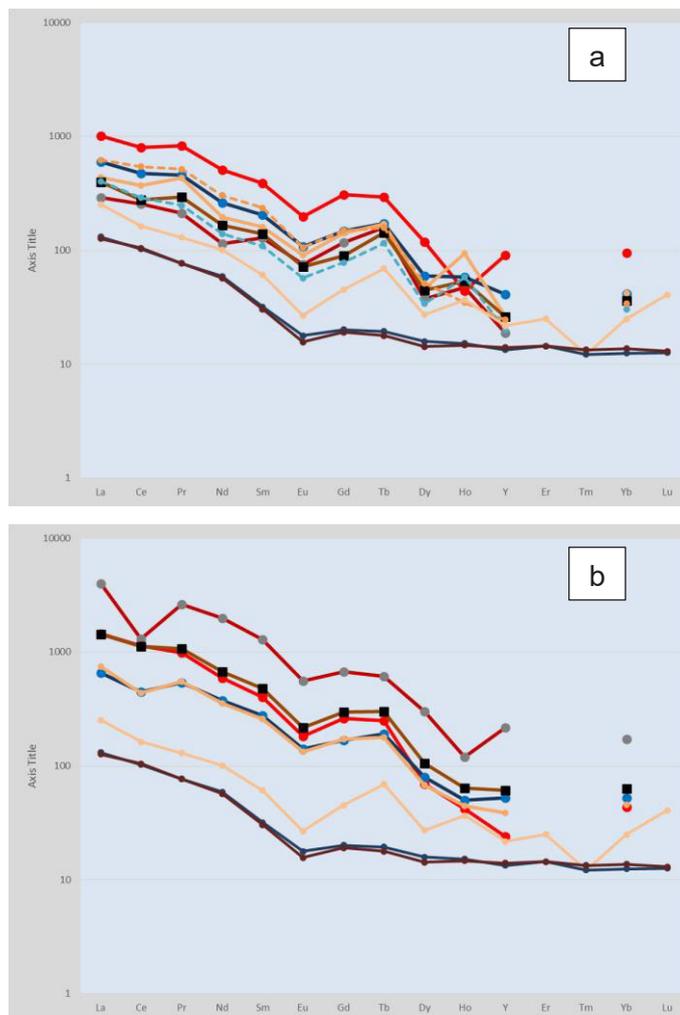
Kondisi geologi di Indonesia sangat memungkinkan untuk terbentuknya endapan-endapan logam tanah jarang dari tipe ion-adsorption ini. Saat ini di Indonesia teridentifikasi 3 tipe endapan logam tanah jarang yaitu endapan primer yang berasosiasi dengan batuan beku *alkaline-*

peralkaline, endapan sekunder lateritik, *placer monazite dan xenotime* sebagai mineral ikutan dari tambah timah plaser dan endapan yang terbawa pada regolith (ion-adsorption) (Setiadji, 2015). Di samping itu, batuan granit dan lapukannya teridentifikasi sebagai sumber utama logam tanah jarang di Indonesia, khususnya di bagian barat Sumatera Utara. Persebaran yang luas dari batuan granit dan lapukannya di Indonesia mengindikasikan adanya potensi yang besar sebagai sumber utama logam tanah jarang.

Tidak hanya pada batuan granit, keterdapatn logam tanah jarang juga terdapat pada batuan vulkanik felsic dan juga lapukannya. Di Pulau Sulawesi, keberadaan formasi Batuan Gunungapi Adang sebagai pembawa REE. Batuan Gunungapi Adang merupakan umumnya terdiri dari leucite/pseudoleucite, green diopside/augite/aegirine, phlogopite dan massa dasar (seperti apatite, titanohematite, magnetite, barite, sodalite, nepheline, microlite) (Godang, dkk, 2016). Hasil penelitian dari tim PSDMBP pada formasi Batuan Gunungapi Adang dilakukan pada tahun 2018 dengan mendapatkan pengkayaan kandungan logam tanah jarang pada *bedrock* dan lapukannya (soil) yang cukup signifikan (Gambar 2).



Gambar Error! No text of specified style in document.. Unsur-unsur yang dianggap sebagai critical raw materials (EU, 2017)



Gambar 2. a) Pola REE pada bedrock yang telah dilakukan normalisasi terhadap chondrite
 b) Pola REE pada lapukan (soil) yang telah dilakukan normalisasi terhadap chondrite
 (Wawan Setiyawan, dkk. 2018). Data chondrite dari McDonough dan Sun (1995)

METODOLOGI

a. Persiapan Lapangan

Pada tahapan ini meliputi:

- Studi literatur
- Sosialisasi kegiatan
- Penentuan lokasi titik bor
- Pengukuran Titik Bor (*benchmark*)

b. Kegiatan Lapangan

1. Pemetaan geologi, dilakukan pada skala 1:5.000
2. Pengeboran, peralatan pengeboran yang digunakan adalah mesin bor Jacro TDZ 200 dan Koken OE-08BH

c. Analisis Laboratorium

Sampel laterit dan batuan yang terpilih dilakukan analisis laboratorium dengan analisis kimia dan fisika. Adapun analisis laboratorium yang dilakukan terdiri dari:

- Petrografi untuk mengetahui jenis batuan asal pembawa REE, dilakukan di Laboratorium PSDMBP.
- Mineragrafi untuk mengetahui mineral bijih, dilakukan di Laboratorium PSDMBP
- XRD untuk mengetahui jenis dan kuantitas mineral-mineral penyusun endapan laterit dan batuan, dilakukan di Laboratorium Tekmira.
- Micro XRF untuk identifikasi dan karakterisasi mineral, dilakukan di Laboratorium BATAN.
- XRF untuk mengetahui komposisi *major elements* dilakukan di Laboratorium Tekmira.
- ICP MS untuk mengetahui kandungan *trace-* dan *rare earth-elements* dilakukan di Laboratorium Intertek



Gambar 3. Mesin bor Koken OE-8 dan Jacro TDZ 200

d. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah hasil analisis laboratorium selesai, baik dari hasil analisis laboratorium kimia maupun fisika. Hasil kegiatan prospeksi logam tanah jarang dengan metode pengeboran dan analisis laboratorium dilakukan evaluasi dan interpretasi data mengenai kualitas, kuantitas dan karakteristik dari kandungan logam tanah jarang tersebut baik pada batuan dan lapukannya.

GEOLOGI REGIONAL

Pulau Sulawesi secara geologi memiliki tatanan yang sangat kompleks. Hal ini disebabkan oleh interaksi dari tiga lempeng yang bergerak aktif yaitu Lempeng Benua Australia yang relatif bergerak ke utara, Lempeng Samudera Pasifik yang relatif bergerak ke barat dan Lempeng Benua Eurasia yang relatif bergerak ke selatan tenggara. Secara regional, Pulau Sulawesi yang memiliki bentuk seperti huruf "K" secara umum dibedakan menjadi dua mandala yaitu Mandala Geologi Sulawesi Timur (*non volcanic arc*) dan Mandala Geologi Sulawesi Barat (*Volcanic Arc*) (Surono dan Hartono, 2013).

Secara rinci oleh Yuwono dkk., (1988) menyebutkan bahwa Pulau Sulawesi mengalami proses tektonik yang memiliki implikasi pada terbentuknya batuan vulkanik di Sulawesi Barat. Bagian barat Sulawesi terdiri dari busur plutono-

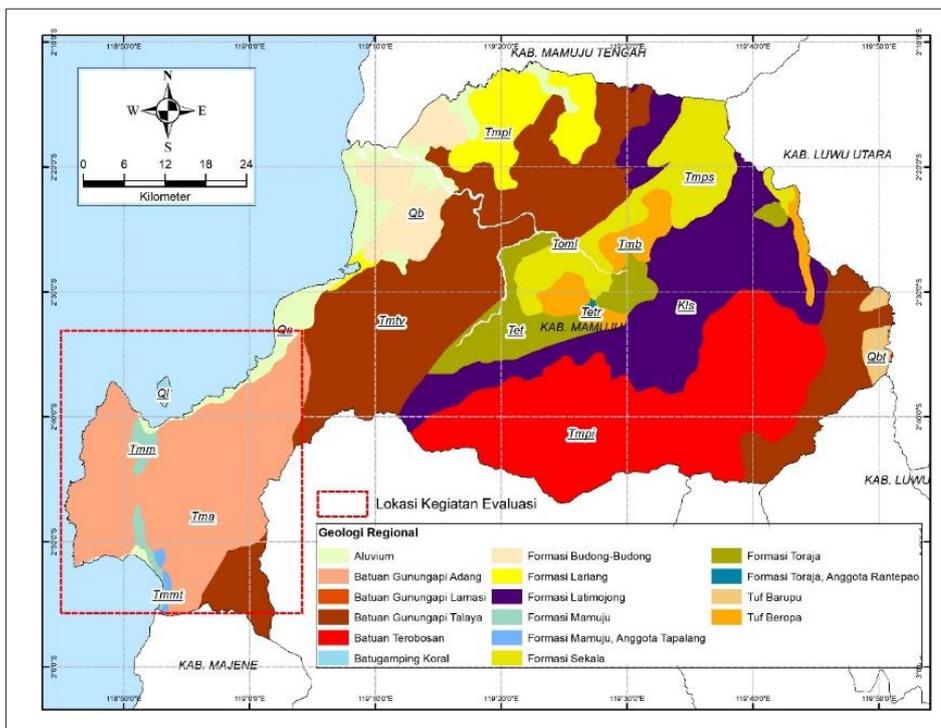
vulkanik hasil dari gaya kompresif utara-selatan dan menghasilkan sedimen. Mandala Geologi Sulawesi Barat atau Busur Sulawesi Barat terdiri dari Lengan Selatan Sulawesi, bagian tengah, leher Sulawesi dan Lengan Utara Sulawesi. Bagian alas mandala ini di Sulawesi Tengah bagian barat dan di Leher Sulawesi terdiri dari batuan metamorf Pra-Tersier. Sehingga dianggap sebagai zona himpitan dan tepian Kraton Sunda Bagian Timur dan sering dianggap inti Lempeng Benua Eurasia bagian tenggara (Hutscinson, 1989). Pada Lengan Selatan Sulawesi batuan alas tersusun oleh Kompleks Melange yang berumur Pra-Kapur Akhir (Sukanto, 1986) dan beberapa penelitian menunjukkan bahwa kompleks batuan malihan tersebut merupakan sebuah busur kompleks mélange yang saling berhubungan dari Sulawesi (Malihan Bantimala-Latimojong-Pompangeo), Meratus Kalimantan Selatan sampai Luk Ulo Jawa Tengah (Soesilo, 2012).

Mandala Geologi Sulawesi Barat merupakan daerah yang didominasi oleh hasil kegiatan gunungapi. Hal ini terbentuk pada lingkungan laut maupun pada lingkungan darat. Penelitian mengenai perbandingan antara vulkanisme yang kaya akan potasium pada umur Neogen-Kuarter yang ada pada tatanan tektonik belakang busur di Pulau Jawa yang berhubungan dengan subduksi aktif, dengan vulkanik di Sulawesi Selatan menunjukkan asosiasi batuan vulkanik yang hampir sama. Batuan yang dijumpai

pada kedua seri vulkanisme tersebut adalah *calc-alkaline* dengan silika rendah (AK), potasik soshonitik yang tidak jenuh silika (SK) dan batuan mengandung *leucite* dan tidak jenuh silika (UK). Peningkatan kadar K pada batuan vulkanik ini tidak selalu sebanding dengan penambahan jarak *slab* dari permukaan. Pada Mandala Geologi Sulawesi Barat batuan gunungapi dijumpai sebanyak 17 (tujuh belas) jenis gunungapi yang dikelompokkan menjadi Batuan Gunungapi Laut-Darat Oligosen-Miosen (Batuan Gunungapi Mirip Lamasi, Batuan Gunungapi Mirip Lemasi, Batuan Gunungapi Tinerba, Tufa Rampi); Batuan gunungapi Miosen Awal (Batuan Gunungapi Soppeng); Batuan gunungapi Miosen Tengah-Pliosen (Batuan Gunungapi/Formasi Kelpok Camba,

Batuan Gunungapi Walimbong, Batuan Gunungapi Talaya, Batuan Gunungapi Adang, Batuan Gunungapi Pani, Tufa Beropa, Breksi Wobudu, Batuan Gunungapi Bilungala serta Batuan gunungapi tanpa nama); Batuan Gunungapi Pliosen (Batuan Gunungapi Todongkrambu, Batuan Gunungapi Parepare, Batuan Gunungapi Bukide).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ratman dan Atmawinata (1993), geologi daerah Mamuju dan sekitarnya dari tua ke muda disusun oleh Formasi Latimojong, Batuan Gunungapi Talaya, Batuan Gunungapi Adang, Batuan Terobosan, Formasi Mamuju, Anggota Tapalang Formasi Mamuju dan endapan aluvium (Gambar 4).



Gambar 4. Peta geologi regional daerah kegiatan pengeboran (modifikasi dari Ratman dan Atmawinata, 1993)

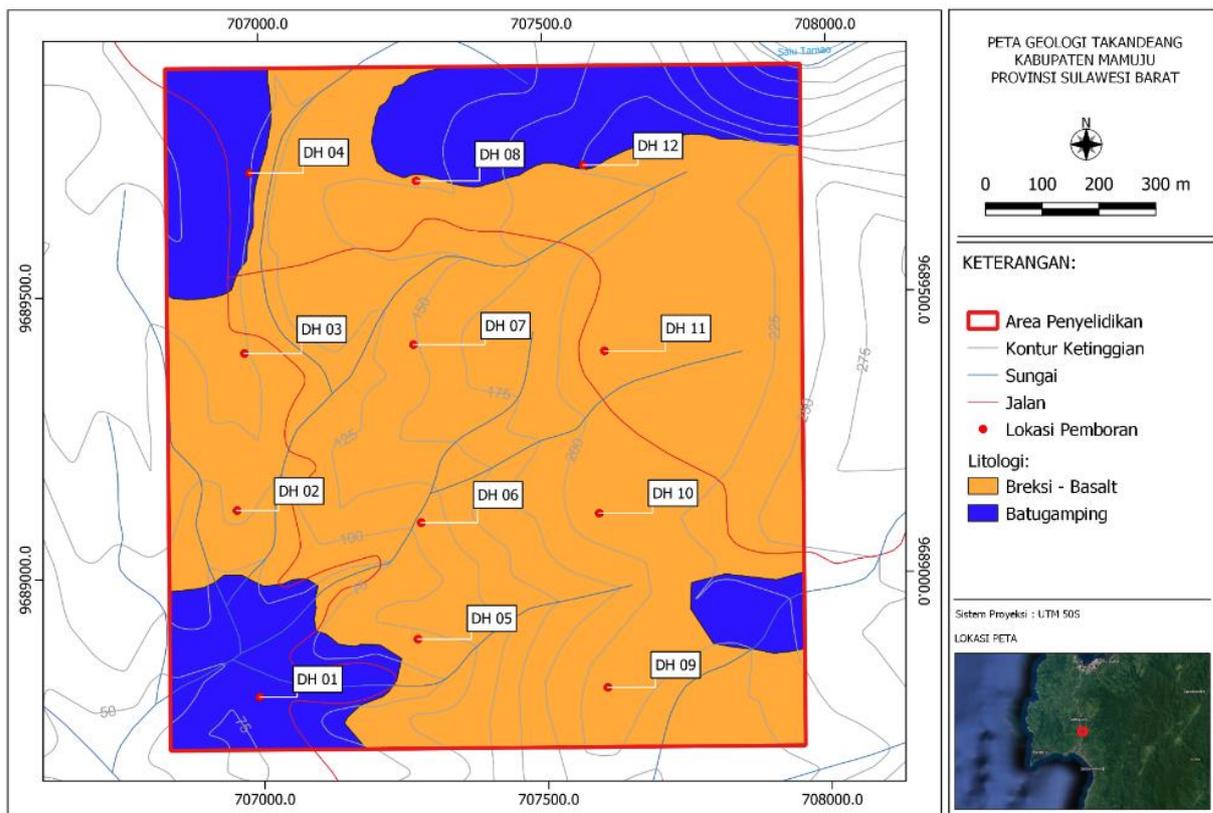
HASIL

Pemetaan Geologi

Pemetaan geologi dilakukan untuk mengetahui berbagai fitur geologi termasuk karakteristik litologi di permukaan beserta sebarannya. Pemetaan tersebut dilakukan pada wilayah di sekitar lokasi rencana pemboran dengan luas sekitar 135 ha. Berdasarkan pemetaan tersebut, satuan batuan pada wilayah penyelidikan dapat dibedakan menjadi dua satuan batuan, yaitu Satuan Breksi Vulkanik dan Satuan Batugamping (Gambar 5).

Satuan Breksi-Basalt menempati mayoritas wilayah penyelidikan dengan

luas sekitar 77% dari luas wilayah penyelidikan. Satuan ini terdiri dari litologi Breksi dan Basalt. Pada umumnya satuan tersebut dijumpai dalam keadaan segar maupun lapuk. Breksi vulkanik pada satuan ini memiliki warna abu gelap dengan ukuran matriks pasir sampai kerikil dan fragmen berukuran kerakal sampai bongkah, berbentuk menyudut – menyudut tanggung dengan kemas terbuka dan pemilahan buruk. Material butiran penyusunnya berupa material vulkanik dengan fragmen Basalt berwarna abu gelap, bertekstur afanitik dengan mineral penyusun berupa mineral mafik dan leusit (Gambar 7).



Gambar 6. Peta geologi daerah penyelidikan dan lokasi titik bor



Gambar 7. Singkapan Satuan breksi vulkanik

Satuan Batugamping menempati luas sekitar 23% dari luas wilayah penyelidikan yang tersebar dibagian selatan dan utara wilayah penyelidikan. Secara umum, satuan ini disusun oleh Batugamping Klastik dan Batugamping Terumbu (Gambar 8).

Pengeboran

Kegiatan pengeboran inti yang dilakukan pada penyelidikan logam tanah jarang (LTJ) ini bertujuan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan, ketebalan laterit yang terbentuk dan batuan yang mendasarinya. Kegiatan pengeboran dilakukan pada 12 lokasi titik bor dengan

kedalaman 50 meter hingga 60 meter dengan system grid dengan dan interval antar titik \pm 300 meter.

Secara umum, litologi berupa produk vulkanik, yaitu basalt dan breksi vulkanik. Kedua jenis litologi tersebut umumnya bersifat basaltis dengan warna abu gelap, mineral penyusun berupa mineral mafik dan leusit (5-15%) dengan ukuran kristal 1-3 mm bertekstur porfiroafanitik. Pada bagian breksi ditemui rekahan-rekahan yang diisi dengan kalsit. Pada kedalaman 23,00 – 32,00 m teramati batuan yang berubah dengan intensitas rendah dengan mineral penciri berupa klorit dengan presentase 1-2% (Gambar 9).



Gambar 8. Singkapan batugamping

Tabel 1. Lokasi titik bor

No	Drill Hole	Latitude	Longitude	Elevation (m)	Kedalaman Akhir (m)
1	DH.J.01	-2,814112	118,86209	55,763	50,70
2	DH.K.02	-2,811116	118,861756	115,935	50,50
3	DH.J.03	-2,808595	118,861894	128,182	60,40
4	DH.J.04	-2,805698	118,861997	124,081	51,30
5	DH.K.05	-2,813204	118,864605	90,836	50,00
6	DH.K.06	-2,811334	118,864674	106,949	50,00
7	DH.K.07	-2,808476	118,864573	149,318	51,30
8	DH.J.08	-2,805849	118,864639	147,677	60,30
9	DH.K.09	-2,814006	118,867606	222,102	51,00
10	DH.K.10	-2,811209	118,867494	222,865	60,95
11	DH.J.11	-2,808602	118,8676	209,715	60,70
12	DH.K.12	-2,805618	118,867288	208,605	50,50



Gambar 9. Sampel hasil pengeboran pada titik bor DHK.02

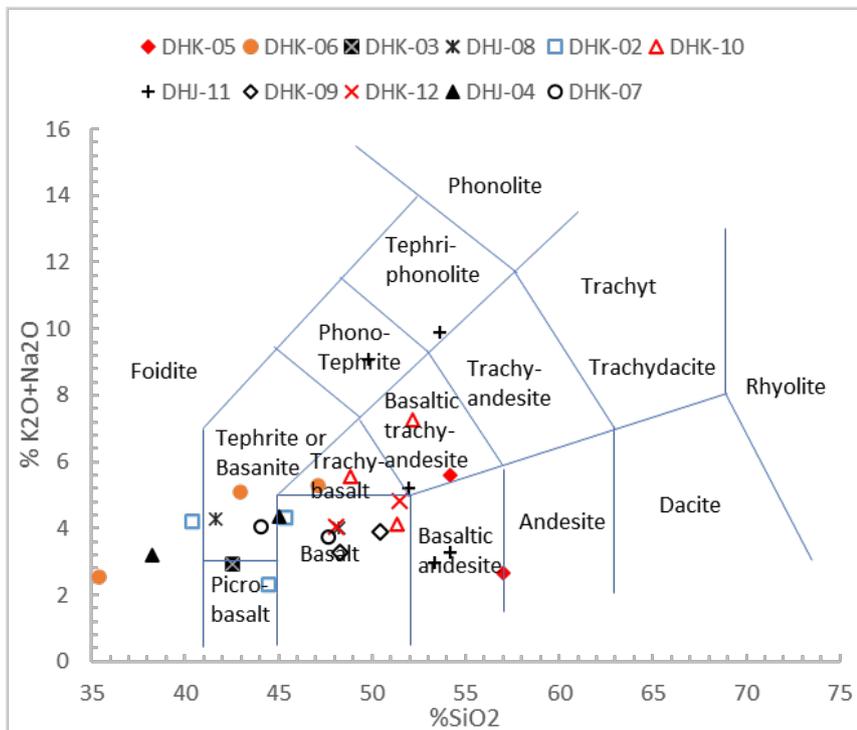
PEMBAHASAN

Geokimia Batuan

Dalam penentuan jenis batuan dilakukan juga dengan melihat komposisi kimia dari *major element* atau senyawa oksida dari batuan tersebut. Dengan melakukan analisis dari hasil analisis laboratorium dengan XRF. Analisis *major element* dilakukan dengan melakukan pengeplotan pada total alkali silika (TAS) untuk mengetahui jenis batuan (Le Bas, dkk., 1986) (Gambar 10).

Dari diagram tersebut diketahui bahwa batuan penyusun kompleks batuan gunungapi di daerah Kabupaten Mamuju, khususnya di daerah wilayah pengeboran, sangat bervariasi. Secara umum, batuan di wilayah lokasi pengeboran dari hasil sampel batuan *coring* didominasi oleh jenis

basaltic-andesitic, basaltic trachy-andesite, basalt, trachy basalt, picro basalt, tephrite, phono tephrite dan juga *tephri-phonolite*. Penentuan jenis batuan tersebut juga didukung oleh hasil analisis XRD yang menunjukkan mineral utama yang teridentifikasi pada batuan berupa augite yang cenderung bersifat basaltis. Kondisi batuan yang cukup bervariasi tersebut dalam suatu kompleks gunungapi menunjukkan adanya berbagai factor yang mempengaruhi dalam proses pembentukan batuanya. Faktor-faktor tersebut diantaranya sumber magma, tingkat kristalisasi, diferensiasi magma, waktu pembentukan, suhu dan tekanan (P&T), jumlah *volatile* yang berpengaruh serta tatanan tektonik daerah busur vulkanik tersebut.



Gambar 10. Penentuan jenis batuan diagram total alkali silika (TAS) (Le Bass dkk, 1986)

Karakteristik Logam Tanah Jarang

Analisis kimia unsur dilakukan dengan menggunakan metode ICP MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*). Adapun unsur-unsur yang dilakukan analisis dengan metode ini terutama untuk unsur-unsur logam tanah jarang (LTJ) yang terdiri dari La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Y, Tm, Yb, Lu dan Sc dan juga *trace element* lainnya. Karakteristik dan kelimpahan unsur-unsur logam tanah jarang untuk setiap lokasi titik bor dapat disampaikan sebagai berikut:

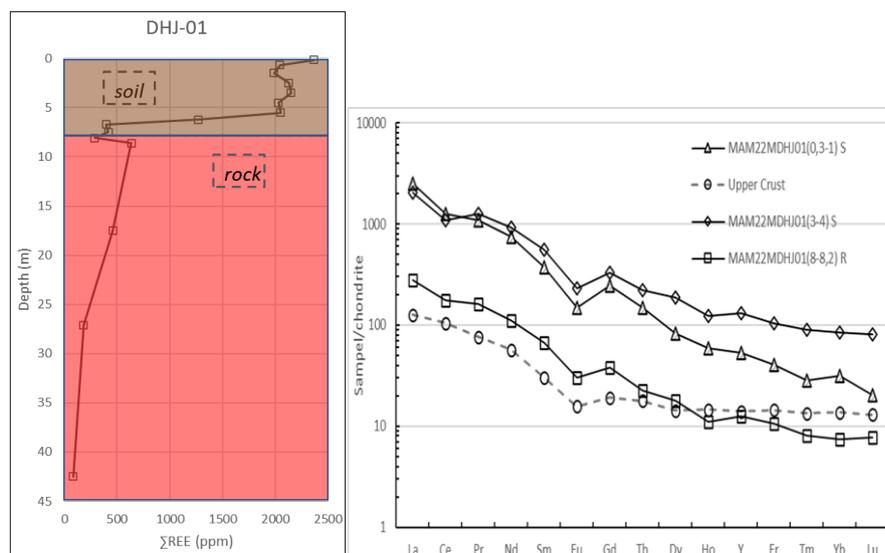
1. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHJ-01

Sebanyak 10 sampel tanah dan 5 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 15 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **83,92 ppm hingga paling tinggi mencapai 2.368,52 ppm**. Nilai total

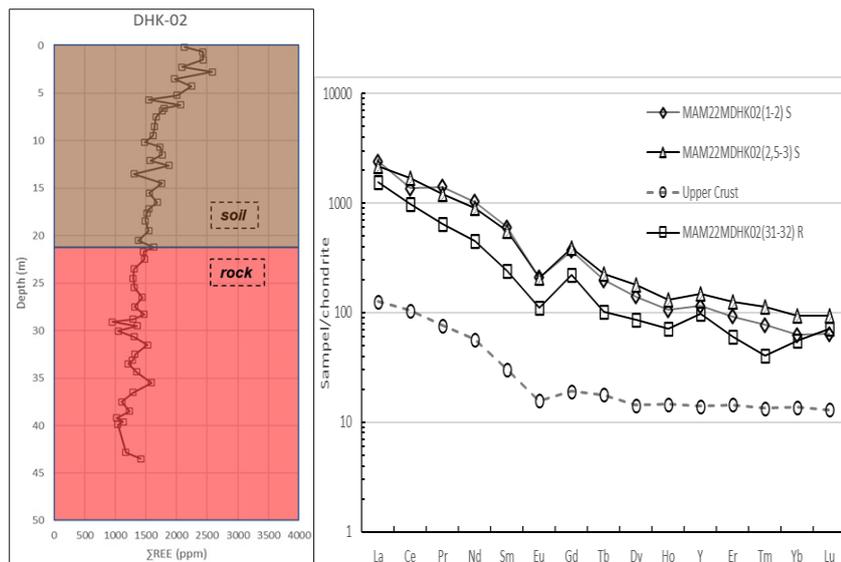
kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 0-1 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan berupa batugamping pada kedalaman 42-43 meter.

2. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-02

Sebanyak 29 sampel tanah dan 28 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 57 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara 951 ppm hingga paling tinggi mencapai 2.584,13 ppm. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 2-3 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 28-29 meter.



Gambar 11. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHJ.01



Gambar 12. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.02

3. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHJ-03

Sebanyak 8 sampel tanah dan 38 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 46 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara 1.308 ppm hingga paling tinggi mencapai 4.837,37 ppm. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 3-5 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 30-40 meter.

4. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHJ-04

Sebanyak 5 sampel tanah dan 5 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 10 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam

tanah jarang total tersebut berkisar antara **79 ppm hingga paling tinggi mencapai 2.703,8 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 2-2,3 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 4-5 meter. Pada kedalaman tersebut sampel yang dilakukan analisis laboratorium berupa batugamping.

5. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-05

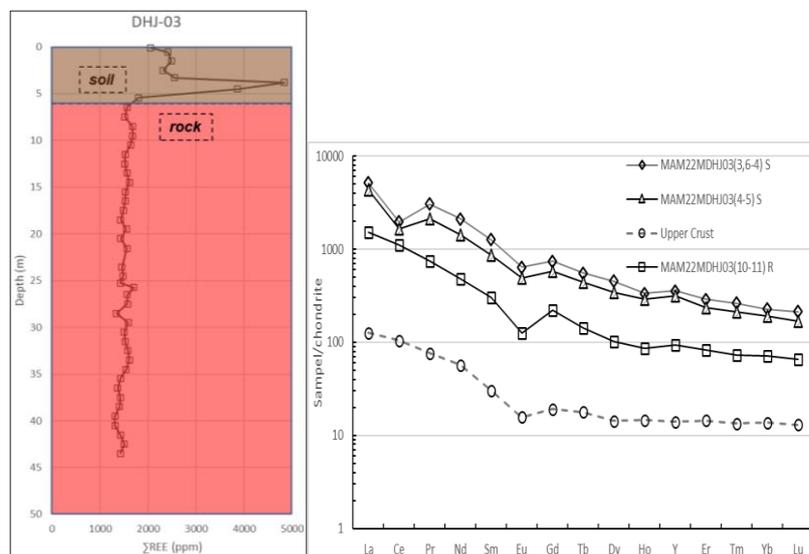
Sebanyak 13 sampel tanah dan 49 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 62 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **834,46 ppm hingga paling tinggi mencapai 3.952,09 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi

tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 4-5 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 43-44 meter.

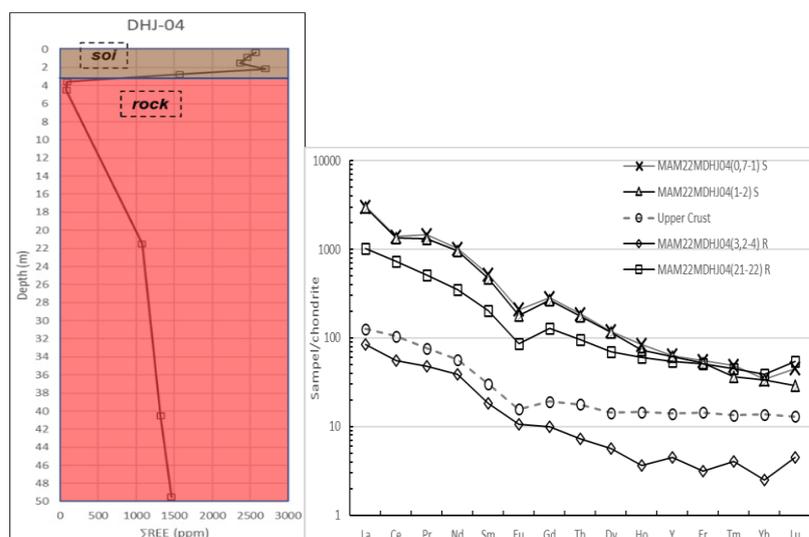
6. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-06

Sebanyak 2 sampel tanah dan 48 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 50 sampel yang

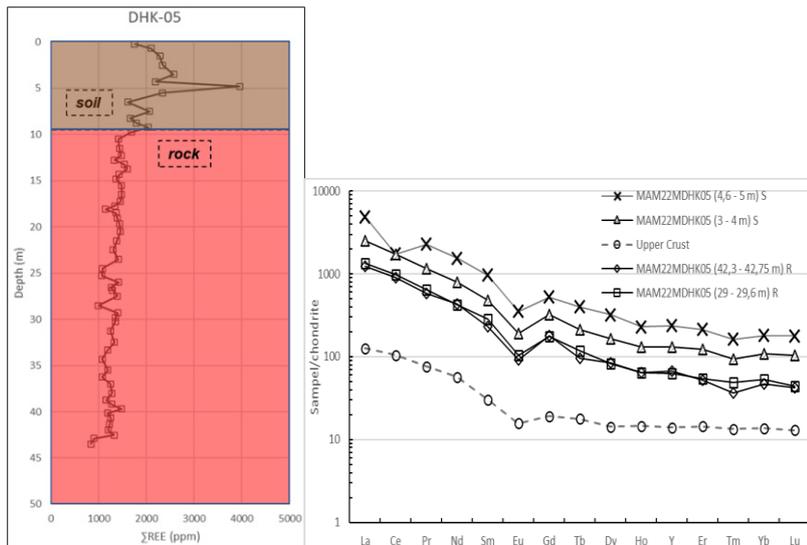
telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **723,61 ppm hingga paling tinggi mencapai 2.716,49 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 0-1 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 40-41 meter.



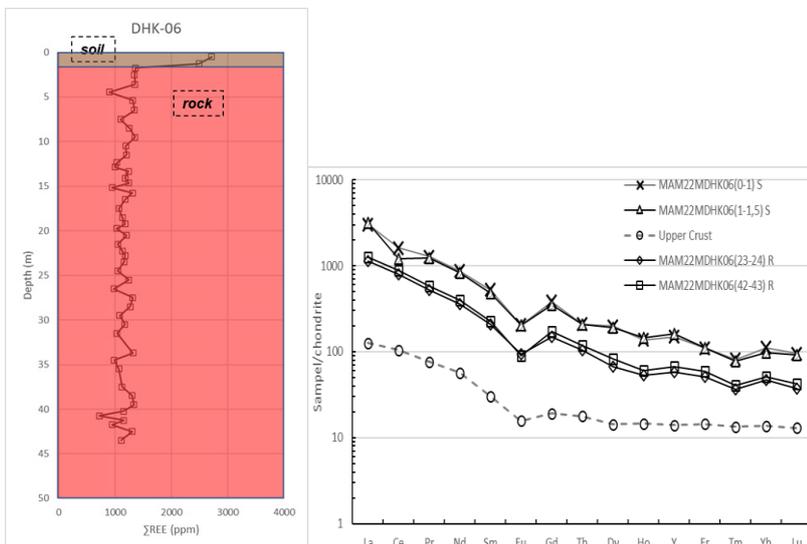
Gambar 13. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.03



Gambar 14. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHJ.04



Gambar 15. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.05



Gambar 16. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.06

7. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-07

Sebanyak 4 sampel tanah dan 54 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 58 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **886,86 ppm hingga paling tinggi mencapai 3.951,98 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi

tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 1-2 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 4-5 meter.

8. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHJ-08

Sebanyak 9 sampel tanah dan 41 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 50 sampel yang

telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **1.139,98 ppm hingga paling tinggi mencapai 4.885,87 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 4,9 - 6 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 40-41 meter.

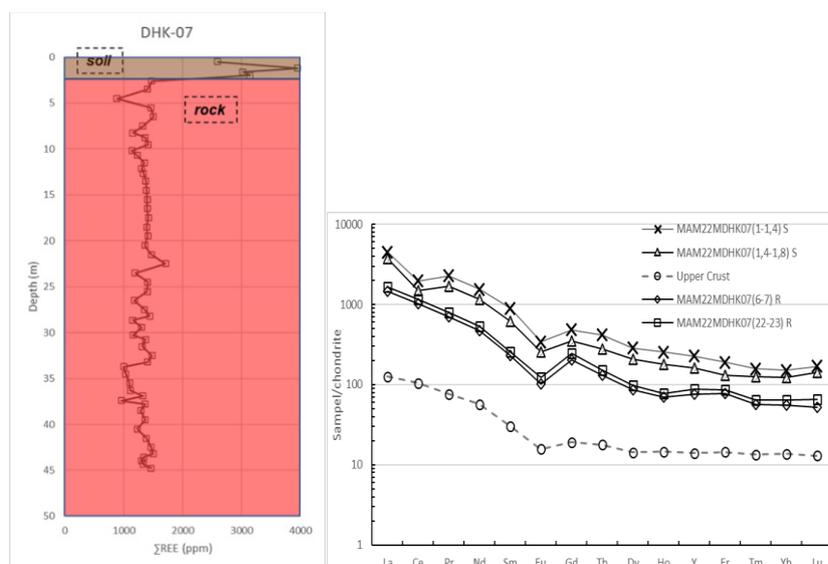
9. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-09

Sebanyak 5 sampel tanah dan 40 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 45 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **1.103,82 ppm hingga paling tinggi mencapai 3.947,44 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi

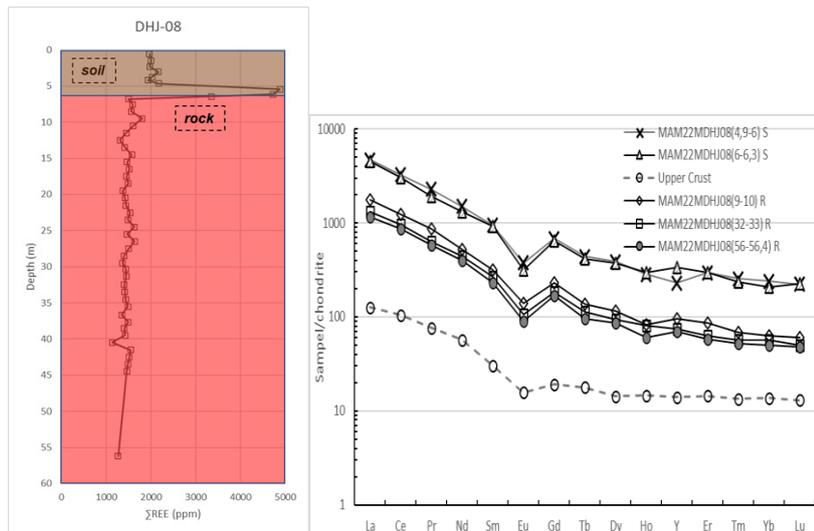
tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 2 - 3 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 40-41 meter.

10. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-10

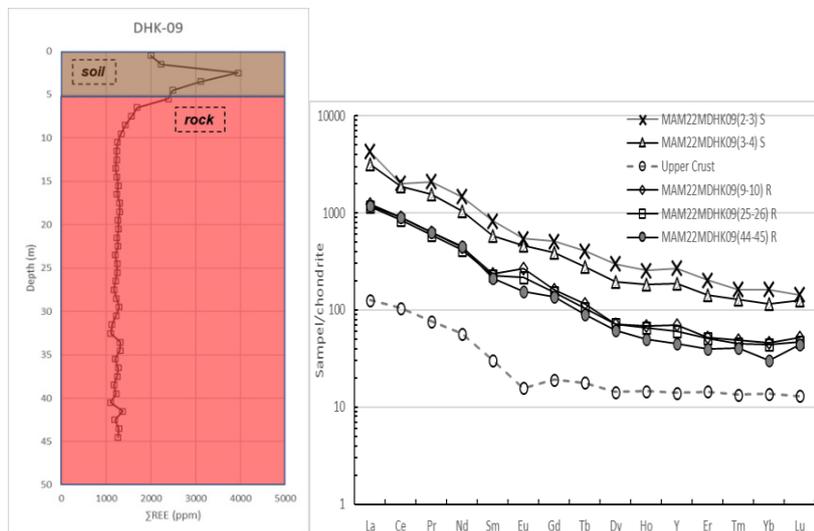
Sebanyak 17 sampel tanah dan 37 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 54 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **570,96 ppm hingga paling tinggi mencapai 6.012,32 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 8 – 8,4 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 56-57 meter.



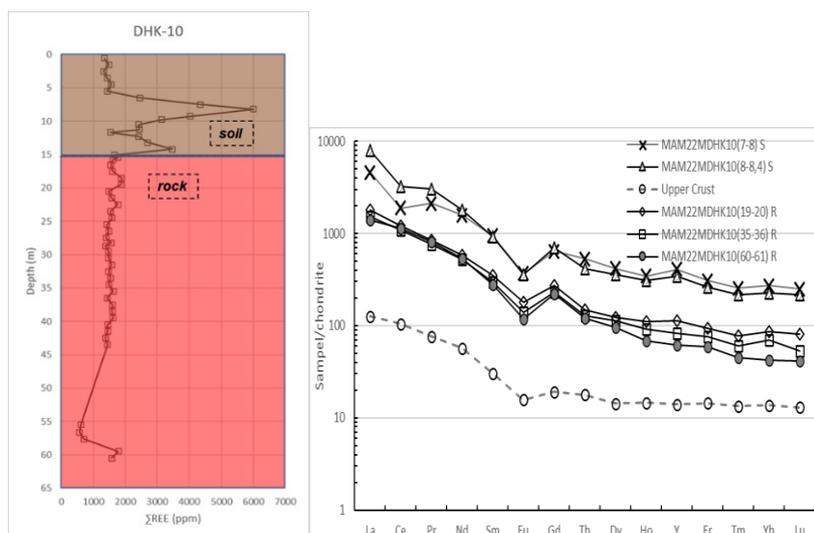
Gambar 17. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.07



Gambar 18. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHJ.08



Gambar 19. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.09



Gambar 20. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.10

11. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHJ-11

Sebanyak 6 sampel tanah dan 52 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 58 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **117,25 ppm hingga paling tinggi mencapai 2.081,87 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada kedalaman 5,7 – 6 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 10-11 meter.

12. Kelimpahan LTJ pada Titik Bor DHK-12

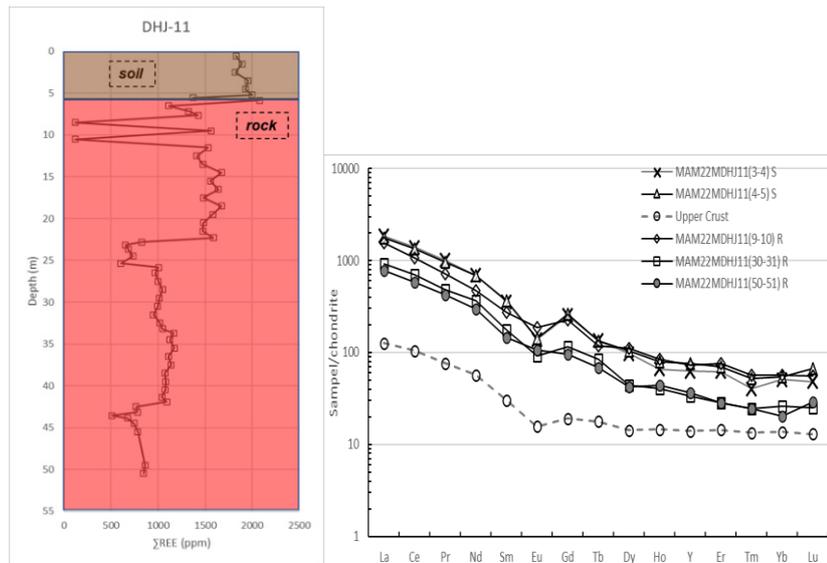
Sebanyak 2 sampel tanah dan 10 sampel batuan telah dilakukan analisis laboratorium. Dari total 12 sampel yang telah dilakukan analisis geokimia unsur tersebut diketahui kandungan unsur logam tanah jarang total tersebut berkisar antara **49,42 ppm hingga paling tinggi mencapai 1.314,65 ppm**. Nilai total kandungan logam tanah jarang tertinggi tersebut terdapat pada sampel tanah pada

kedalaman 0 - 1 meter, sedangkan nilai kandungan LTJ paling rendah terdapat pada sampel batuan pada kedalaman 25 - 26 meter.

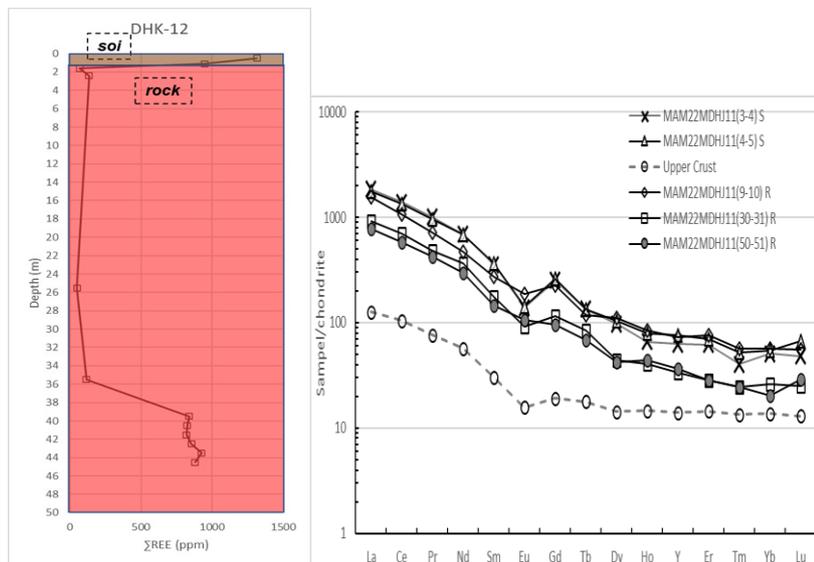
Interpretasi Endapan

Analisis *micro* XRF dan AMICS teridentifikasi mineral pembawa logam tanah jarang berupa *apatite* dan *titanite* yang secara umum tersebar teridentifikasi pada setiap batuan dari setiap lubang bor di daerah penyelidikan. Hal ini lah yang menunjukkan bahwa kadar logam tanah jarang di daerah penyelidikan baik pada sampel *soil*/tanah dan juga memiliki nilai yang cukup tinggi. Diketahui dari hasil analisis tersebut teridentifikasi mineral *apatite* yang merupakan mineral pembawa logam tanah jarang.

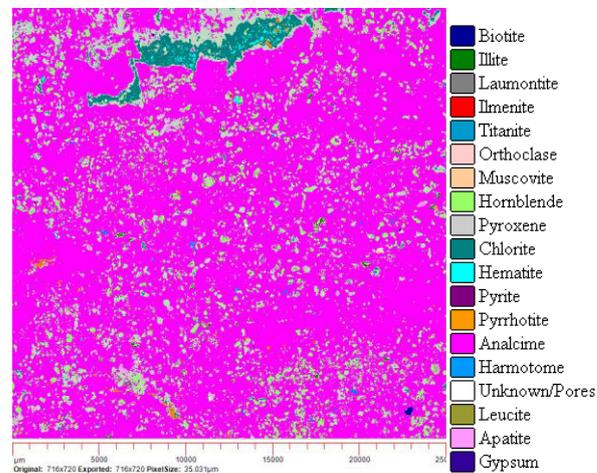
Berdasarkan korelasi antar titik bor dengan arah relative utara-selatan pada Gambar 23, maka dapat dijelaskan ketebalan lapisan laterit dan lapisan batumannya. Sesuai penampang korelasi DHJ.01, DHK.02, DHJ.03 dan DHJ.04, maka ketebalan lapisan laterit berada dikisaran 4 s/d 21,4 meter. Ketebalan laterit yang paling tebal pada DH-02.



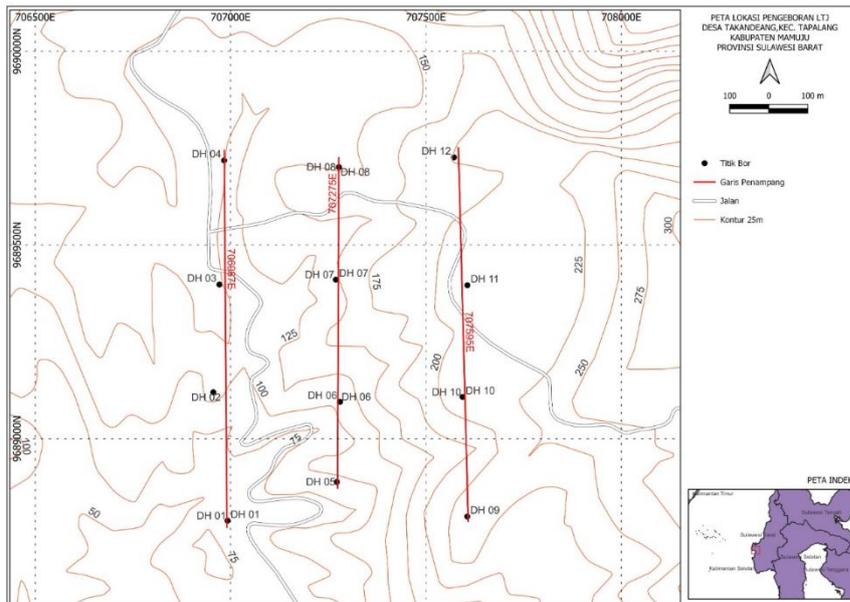
Gambar 21. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHJ.11



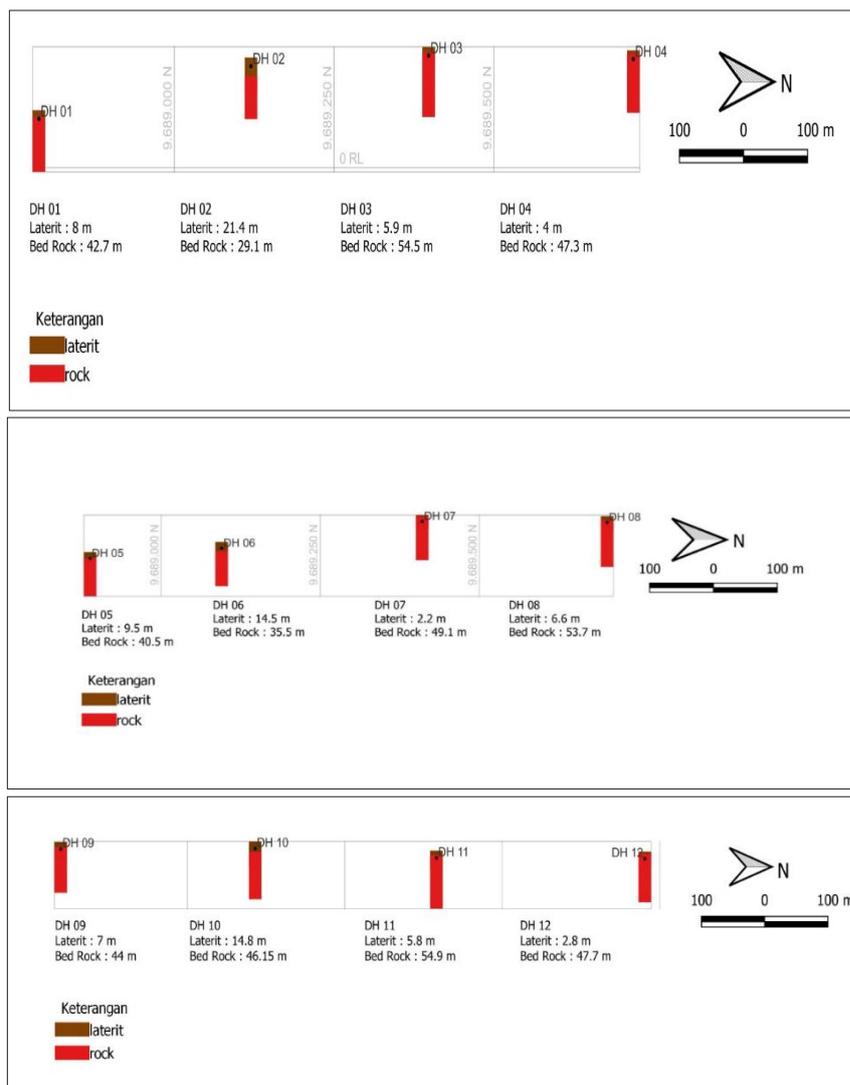
Gambar 22. Profil kekayaan LTJ pada lubang bor DHK.12



Gambar 23. Mineral mapping AMICS pada sampel MAM22MDHJ11 (6-7) R



Gambar 23. Peta jalur penampang titik bor



Gambar 24. Korelasi penampang antara titik bor

Sumber daya LTJ

Perhitungan nilai sumber daya logam tanah jarang (LTJ) dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Voxler 4*. Data-data yang digunakan dalam perhitungan nilai sumber daya tersebut adalah data kadar total LTJ (\sum LTJ) dan berat jenis dari sampel yang telah dilakukan analisis laboratorium. Metode interpolasi yang dipakai adalah *inverse distance* dengan radius pengaruh sumbu-X 250 meter, sumbu-Y 250 meter dan sumbu-Z (vertical) 0,5 meter. Perhitungan nilai sumber daya LTJ tersebut dilakukan juga dengan pendekatan statistik dan terbagi menjadi 4 kelas, yaitu:

- Kelas I: nilai minimum sampai dengan nilai rata-rata [min – mean]
- Kelas II: nilai rata-rata sampai dengan nilai rata-rata ditambah standar deviasi [mean – (mean+STDV)]
- Kelas III: nilai rata-rata ditambah standar deviasi sampai dengan nilai rata-rata ditambah 2 kali standar deviasi [(mean+STDV) – (mean+2STDV)]
- Kelas IV: nilai yang lebih besar dari nilai rata-rata ditambah 2 kali standar deviasi [>(mean+2STDV)]

Sumber daya logam tanah jarang (LTJ) pada lapisan *bedrock*

Ringkasan dari estimasi perhitungan nilai sumber daya LTJ pada batuan dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan perhitungan tersebut, estimasi sumber daya bijih dari batuan

sebesar 56.454.957,26 ton dengan estimasi sumber daya (\sum LTJ) sebesar 62.170,85 ton. Sebaran nilai kadar LTJ pada batuan di daerah penyelidikan dapat dilihat pada Gambar 25. Berdasarkan diagram blok tersebut, sebaran batuan dengan kadar LTJ yang cenderung tinggi berada pada daerah sekitar lubang bor DHJ-03, DHJ-04, DHJ-08, DHJ-11, DHK-09 dan DHK-10.

Sumber daya logam tanah jarang (LTJ) pada lapisan laterit

Ringkasan dari estimasi perhitungan nilai sumber daya LTJ pada laterit dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan perhitungan tersebut, estimasi sumber daya bijih laterit sebesar 11.120.632,31 ton dengan estimasi sumber daya (\sum LTJ) sebesar 23.270,41 ton. Sebaran nilai kadar LTJ pada laterit di daerah penyelidikan dapat dilihat pada Gambar 26. Berdasarkan diagram blok tersebut, sebaran laterit dengan kadar LTJ yang cenderung tinggi berada pada daerah sekitar lubang bor DHJ-03, DHJ-08, DHK-09 dan DHK-10.

Mineral ikutan

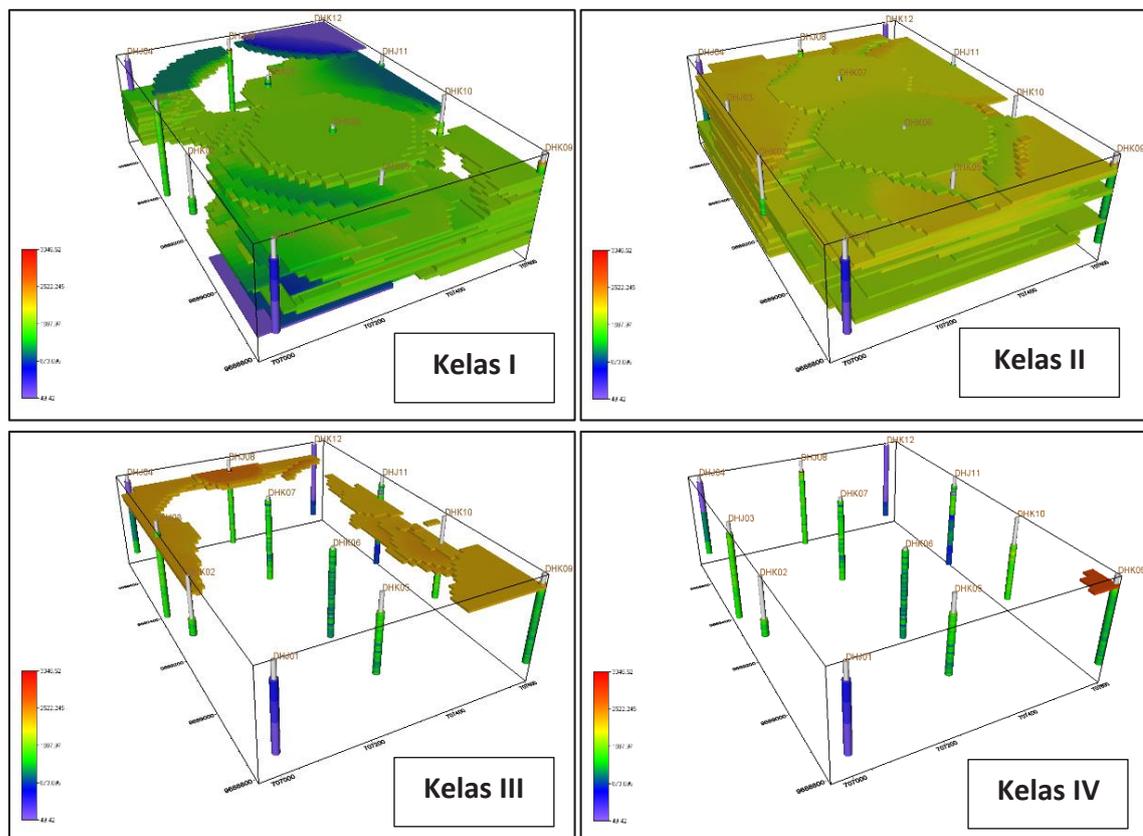
Analisis logam tanah jarang yang dilakukan oleh BATAN menunjukkan bahwa ada korelasi antara logam tanah jarang dengan unsur radioaktif khususnya thorium (Th). Kenaikan nilai kadar Th diikuti oleh kenaikan logam tanah jarang. Mineral-mineral ikutan lainnya yang memiliki nilai yang cukup signifikan selain unsur

radioaktif adalah Cu, Ti, V, Zn, Nb, Pb, Sr, dan Zr. Pada unsur Cu memiliki nilai yang cukup signifikan dengan nilai kadar berkisar antara 5 – 278 ppm. Secara megaskopis, pada sampel batuan

teridentifikasi mineral-mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit. Pada unsur Ti nilai kadar cukup signifikan dengan nilai yang paling tinggi 1,9%. Unsur-unsur ikutan lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Ringkasan perhitungan estimasi sumber daya Σ LTJ pada batuan

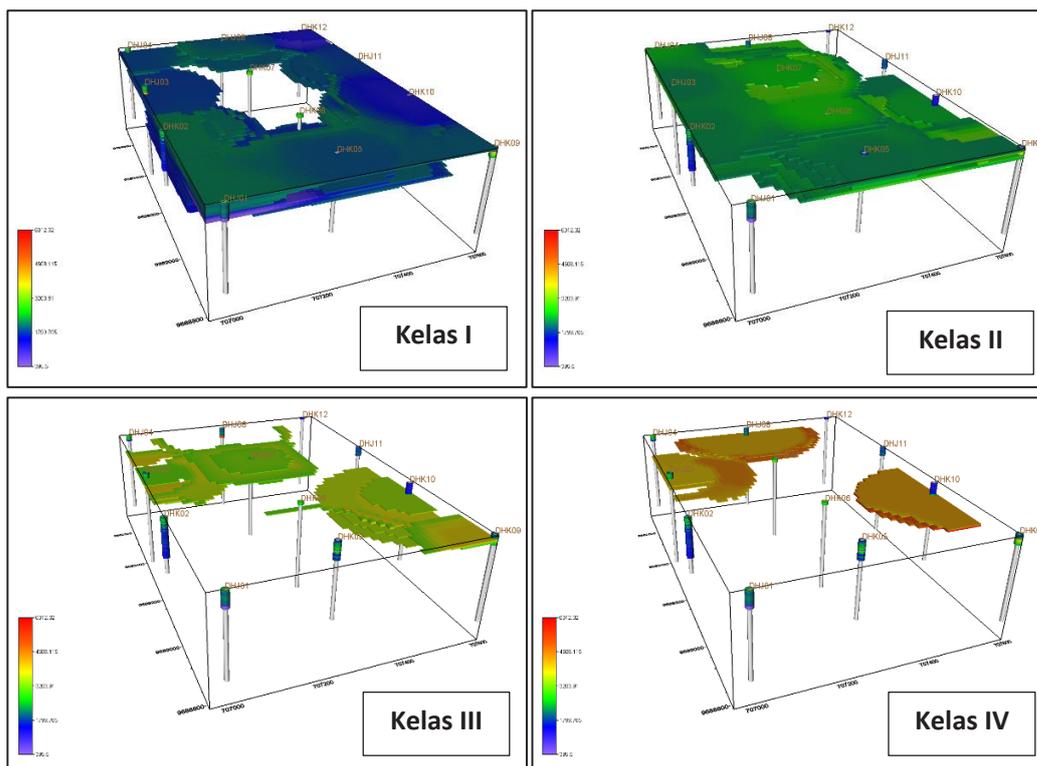
Kelas	Interval (ppm)	Median (ppm)	Massa Jenis (g/cm ³)	Volume (m ³)	Sumber Daya Biji (ton)	Sumber Daya Logam (ton)
I	49 - 1283	666,22	2,44	10.432.842,41	25.456.135,48	16.959,50
II	1283 - 1611	1.447,12	2,44	12.275.585,87	29.952.429,52	43.344,61
III	1611 - 1939	1.775,29	2,44	424.542,39	1.035.883,43	1.838,99
IV	1939 - 3347	2.642,95	2,44	4.302,79	10.498,82	27,75
Total				23.137.273,47	56.454.947,26	62.170,85



Gambar 25. Diagram blok sebaran LTJ pada batuan

Tabel 3. Ringkasan perhitungan estimasi sumber daya Σ LTJ pada laterit

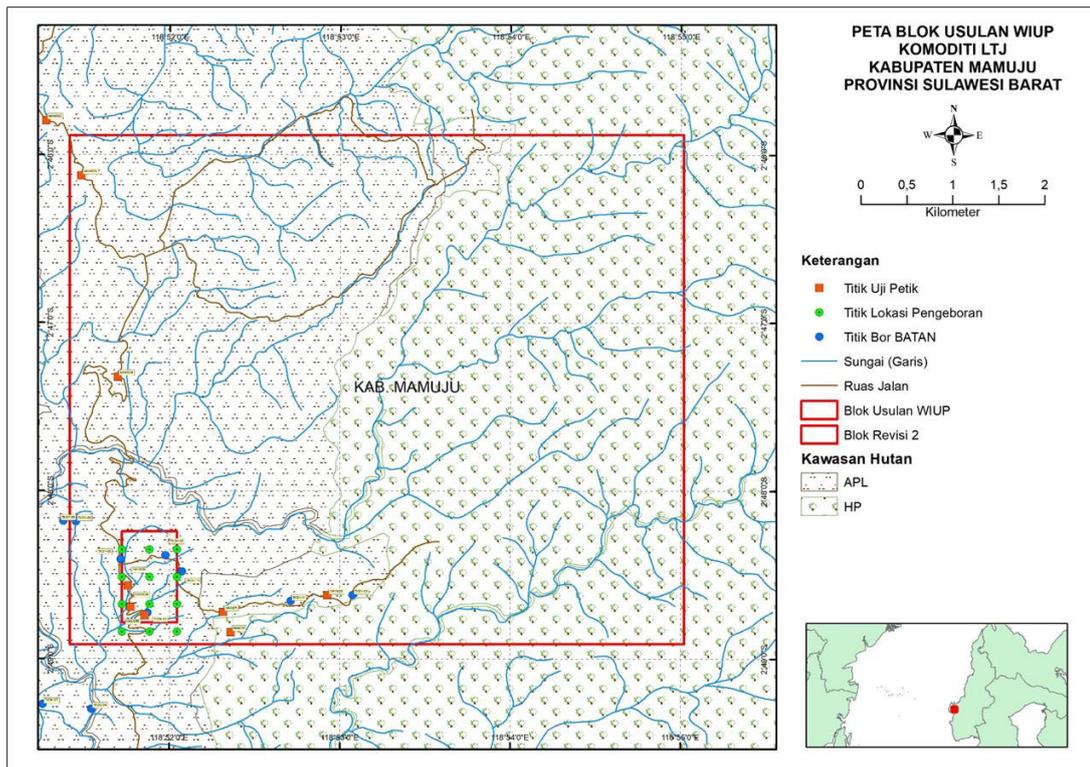
Kelas	Interval (ppm)	Median (ppm)	Massa Jenis (g/cm ³)	Volume (m ³)	Sumber Daya Bijih (ton)	Sumber Daya Logam (ton)
I	396 - 2223	1.309,13	2,62	2.407.168,43	6.306.781,29	8.256,39
II	2223 - 3106	2.664,41	2,62	1.295.849,20	3.395.124,91	9.046,00
III	3106 - 3989	3.547,71	2,62	295.966,90	775.433,29	2.751,01
IV	3989 - 6012	5.000,84	2,62	245.531,62	643.292,83	3.217,00
Total				4.244.516,15	11.120.632,31	23.270,41



Gambar 26. Diagram blok sebaran LTJ pada laterit

Tabel 4. Rekapitulasi kadar (ppm) unsur-unsur ikutan setiap lubang bor

No	Borehole	Kadar Unsur (ppm)							
		Cu	Ti	V	Zn	Nb	Pb	Sr	Zr
1	DHJ-01	5 - 278	514 - 14500	10 - 319	12 - 324	6,8 - 152	14 - 434	306 - 2690	84,9 - 1860
2	DHK-02	38 - 261	5980 - 16300	186 - 934	156 - 473	137 - 337	280 - 788	37,8 - 3890	1510 - >2000
3	DHJ-03	73 - 275	7330 - 16700	126 - 2610	180 - 624	166 - 293	402 - 786	90,6 - 720	>2000
4	DHJ-04	7 - 121	530 - 13400	15 - 350	15 - 284	5,4 - 189	11 - 524	212 - 2180	78,1 - >2000
5	DHK-05	48 - 179	5440 - 18200	155 - 810	152 - 470	114 - 412	269 - 1020	14,3 - 2150	1420 - >2000
6	DHK-06	41 - 150	4240 - 16000	119 - 595	116 - 422	101 - 333	202 - 846	33,8 - 2120	1150 - >2000
7	DHK-07	51 - 189	5570 - 18700	152 - 469	118 - 571	117 - 420	213 - 1030	17,5 - 2650	1790 - >2000
8	DHJ-08	37 - 176	7200 - 18900	110 - 1190	208 - 967	181 - 455	367 - 1070	42,1 - 1230	>2000
9	DHK-09	42 - 238	7890 - 17500	71 - 618	113 - 986	144 - 307	266 - 705	92,9 - 988	1810 - >2000
10	DHK-10	20 - 252	5380 - 19800	136 - 739	87 - 862	53,4 - 443	110 - 1360	36,1 - 1080	812 - >2000
11	DHJ-11	22 - 119	4710 - 16200	165 - 1960	78 - 478	44,1 - 214	86 - 559	106 - 1210	704 - >2000
12	DHK-12	1 - 103	312 - 8920	9 - 325	8 - 131	3,6 - 116	7 - 216	57 - 581	49,7 - 1840



Gambar 27. Peta usulan WIUP komoditi LTJ di daerah Kabupaten Mamuju

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Secara umum, dari hasil pengeboran batuan umumnya berupa batuan vulkanik yang bersifat basaltic-andesitik, ditinjau dari hasil analisis petrografi dan XRF.
2. Mineral pembawa logam tanah jarang teridentifikasi pada sampel batuan berupa apatit dan titanit, sehingga terdapat adanya pengkayaan logam tanah jarang pada batuan dan lapukannya/*soil*/tanah
3. Ketebalan laterit paling tebal berkisar antara 20 meter dan yang paling dangkal sekitar 2 meter. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa factor, diantaranya tingkat pelapukan yang berbeda, morfologi, litologi penyusun dan lain sebagainya
4. Pengkayaan logam tanah jarang pada sampel batuan tertinggi terdapat pada lubang bor DHJ-08 dengan kadar 3.346,52 ppm. Sedangkan pengkayaan logam tanah jarang pada sampel *soil* tertinggi terdapat pada lubang bor DHK-10 dengan kadar tertinggi 6.012,32 ppm.
5. Estimasi sumber daya bijih logam tanah jarang dari batuan sebesar 56.454.957,26 ton dengan estimasi sumber daya (Σ LTJ) sebesar 62.170,85 ton.

6. Estimasi sumber daya bijih laterit logam tanah jarang sebesar 11.120.632,31 ton dengan estimasi sumber daya (Σ LTJ) sebesar 23.270,41 ton.

Rekomendasi

Berdasarkan data-data hasil pengeboran disertai dengan data-data

penyelidikan terdahulu dan sebaran Formasi Gunungapi Adang sebagai formasi pembawa logam tanah jarang, maka dapat diusulkan untuk usulan wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) di daerah Kabupaten Mamuju untuk komoditi logam tanah jarang (LTJ) dengan luasan sekitar ± 3.733 ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Godang, S., Idrus, A., Fadlin., Priadi, B., Indro Basuki, N. 2019. Saprolitization's Characteristics of Rare Earth Elements in Volcanic Regolith on Drill Core #65 in Western Sulawesi, Indonesia. *Asian Journal of Applied Sciences* (ISSN: 2321 – 0893) Volume 07 – Issue 04
- Grilli, M.; Bellezze, T.; Gamsjäger, E.; Rinaldi, A.; Novak, P.; Balos, S.; Piticescu, R.; Ruello, M. Solutions for Critical Raw Materials under Extreme Conditions: A Review.
- McDonough, W.F. and Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, vol.120, p. 223-253
- Ratman, N. dan Atmawinata, S., 1993, "Peta Geologi Indonesia Lembar Mamuju dan sekitarnya, Sulawesi", Skala (1:250.000), Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Setiadji L.D. 2015. Geology of Rare Earth Elements Mineralization and Their Potential in The Indonesian Archipelago, *Proceeding of Seminar of REE*
- Setiyawan, W., Radja, M., Haeriah, A., Labaik, G., Prasetya, H. 2018. Prospeksi Batuan Pembawa Kalium dan REE di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung.
- Sukanto, Rab., Simanjuntak, 1983, Hubungan Tektonik Ketiga Mandala Geologi Sulawesi yang Ditinjau dari Aspek Sedimentologinya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Direktorat Pertambangan Umum Departemen Pertambangan Dan Energi, Bandung, Indonesia.
- Sulaeman, dkk. 2021. Evaluasi Batuan Pembawa Logam Tanah Jarang di Sulawesi Barat. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung.
- Surono dan Hartono, U. 2013. Geologi Sulawesi, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, LIPI Press., Jakarta, 352 p.
- Wilson M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London, 466 p.

- Wilson, M.E.J., Moss, S.J., 1999, "Cenozoic paleogeographic evolution of Sulawesi and Borneo". *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 145, 303–337.
- Yuwono, Y.S., Maury, R.C., Soeria-Atmadja, R., and Bellon, H., 1988. "Tertiary and Quaternary geodynamic evolution of South Sulawesi constraints from the study of volcanic units". *Majalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Volume 13 Nomor 1, Jakarta, 32–48.

**EVALUASI ANALISIS LOGAM TANAH JARANG (LTJ)
DENGAN MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA – OPTICAL EMISSION
SPECTROPHOTOMETER (ICP-OES)*
DI LABORATORIUM PUSAT SUMBER DAYA MINERAL BATUBARA DAN PANAS BUMI**

Rizki Anshari, Larasati, Suwahyadi, dan Denni Widhiyatna

Bidang Sarana Teknik

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

SARI

Logam tanah jarang (LTJ) merupakan material kritis bagi beberapa teknologi modern. Dimanfaatkan karena sifat magnetik, fosforesensi serta katalisisnya yang unik, LTJ meliputi 15 unsur-unsur Lantanida (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, dan Lu) serta ditambah dengan Sc dan Y. Sebagai instansi pemerintah yang salah satu tugasnya adalah menyelenggarakan penelitian, penyelidikan dan pelayanan di bidang sumber daya mineral, batubara dan panas bumi, serta menyusun neraca sumber daya bidang mineral, batubara, dan panas bumi, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) terlibat dalam eksplorasi LTJ dan pemetaan potensinya. Dalam pelaksanaannya, Laboratorium PSDMBP berperan dalam menyediakan hasil analisis yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

Evaluasi analisis LTJ dilakukan oleh Laboratorium PSDMBP dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) Agilent 735*, yang salah satu kelebihanannya adalah kemampuan untuk menganalisis secara simultan atau bersamaan dalam satu waktu. Evaluasi dilakukan berdasarkan parameter kinerja analitis, yaitu linieritas, sensitivitas, batas deteksi (LOD), batas kuantifikasi (LOQ), dan akurasi dari sampel yang telah tersertifikasi (CRM), yaitu REE-1 (sampel batuan) dan NCS DC 73307 (sampel sedimen sungai).

Hasil analisis menunjukkan bahwa linieritas alat pada unsur LTJ sudah baik dengan nilai yang dihasilkan berkisar antara 0,999-1. Sensitivitas alat juga menunjukkan bahwa alat ICP-OES masih sangat sensitif. LOD untuk unsur LTJ berkisar antara 0,005-0,09 mg/L dan LOQ berkisar antara 0,01-0,20 mg/L. Akurasi yang dihasilkan untuk sampel REE-1 berkisar antara 86,3-101,5%, sedangkan untuk sampel NCS DC 73307 berkisar antara 57,8-195% untuk unsur-unsur LTJ. Metode analisis dengan ICP-OES ini masih belum cukup tepat untuk sampel sedimen sungai dikarenakan beberapa unsur LTJ pada sampel sedimen sungai berada di bawah nilai batas deteksi alat ICP-OES.

Kata kunci: logam tanah jarang, ICP-OES, akurasi.

PENDAHULUAN

Logam tanah jarang adalah sekelompok unsur kimia dalam tabel periodik, yang meliputi 15 unsur-unsur Lantanida (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, dan Lu) serta ditambah dengan Sc dan Y (**Gambar 1**). Scandium dan Yttrium dianggap sebagai LTJ karena cenderung terdapat dalam deposit bijih yang sama dengan Lantanida dan memiliki sifat kimia yang mirip (Balaram, 2019). Berdasarkan berat molekulnya, LTJ diklasifikasikan menjadi dua, yaitu LTJ ringan atau grup cerium (Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu) dan LTJ berat (Gd, Tb, Dy, Ho, Tr, Tm, Yb, Lu). LTJ ringan lebih banyak keberadaannya dibandingkan dengan LTJ berat (Rodliyah, 2015).

Keberadaan LTJ sangat penting bagi teknologi karena sifat magnetik, fosforesensi serta katalisisnya yang unik. Unsur-unsur ini adalah material kritis bagi beberapa teknologi modern, mulai dari telepon genggam dan televisi, hingga lampu LED dan turbin angin. Seiring perkembangan teknologi, permintaan pasar akan LTJ semakin bertambah, sehingga mendorong ahli geologi maupun pengembang teknologi untuk melakukan kegiatan eksplorasi yang lebih luas lagi (Dutt, T., dkk., 2016).

Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi merupakan instansi pemerintah yang salah satu tugasnya adalah menyelenggarakan penelitian, penyelidikan dan pelayanan di bidang sumber daya mineral, batubara dan

panas bumi, serta menyusun neraca sumber daya bidang mineral, batubara, dan panas bumi (Peraturan Menteri ESDM No. 15, 2021). Kegiatan penyelidikan LTJ menjadi salah satu bagian dalam pelaksanaan tugas tersebut, khususnya bagi Kelompok Kerja Mineral. Dalam kegiatan eksplorasi LTJ, laboratorium merupakan komponen penting dalam menentukan potensinya. Sebagai sarana pendukung, laboratorium harus dapat menyediakan hasil analisis yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

Kereaktifan LTJ di alam terdapat bersama-sama sekaligus dalam mineral-mineral atau bijih-bijih, baik sebagai komponen minor maupun utama. Karena keterdapatannya yang cukup kompleks, dan jumlahnya sangat kecil, diperlukan instrumen yang lebih canggih untuk menganalisis LTJ, seperti ICP-OES. Dibandingkan dengan AAS yang menganalisis unsur-unsur secara sekuensial, ICP-OES dapat menganalisis unsur-unsur secara simultan karena analisisnya bersifat multi elemen (Balaram, 1995). Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan metode analisis logam tanah jarang dari sampel geologi agar dapat meningkatkan kualitas hasil analisis logam tanah jarang yang dilakukan oleh Laboratorium Mineral Logam PSDMBP. Adapun unsur-unsur LTJ yang dianalisis berjumlah 15 unsur, yaitu La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, dan Y.

larutan ke dalam labu takar 50 mL dan encerkan hingga tanda batas. Kemudian pindahkan larutan ke dalam tabung reaksi.

Kondisi Optimum Analisis

Kondisi operasi analisis unsur LTJ dengan ICP-OES Agilent 735 disajikan pada **Tabel 1**.

Pembuatan kurva kalibrasi standar LTJ

Kurva kalibrasi standar LTJ diperoleh dengan mengukur intensitas larutan standar LTJ pada kondisi optimum. Rentang larutan standar yang digunakan adalah 0,5 ppm; 1 ppm; 2 ppm; 5 ppm; dan 10 ppm. Sebagai pembanding dibuat larutan blanko. Kurva kalibrasi standar

dibuat dengan menginterpolasikan nilai intensitas larutan standar dengan konsentrasi standar, dari kurva tersebut dapat diperoleh persamaan regresi liniernya.

Analisis Sampel

Sampel diukur intensitasnya pada kondisi optimum pengukuran ICP-OES pada panjang gelombang maksimum masing-masing unsur LTJ. Nilai intensitas yang diperoleh kemudian diinterpolasikan ke dalam persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi standar LTJ sehingga diperoleh nilai konsentrasi masing-masing sampel untuk masing-masing unsur LTJ.

Tabel 1. Kondisi operasi analisis LTJ dengan ICP-OES Agilent 735

Instrumentasi	ICP-OES Agilent Series 735
Kondisi yang dipakai :	
Daya (kW)	1,2
Aliran plasma (L/menit)	15
Aliran <i>auxiliary</i> (L/menit)	1,5
Aliran <i>nebulizer</i> (L/menit)	0,6
Tinggi pengukuran (mm)	6
Penundaan stabilisasi instrumen (detik)	15
Pengaturan pengantar sampel :	
Penundaan pengambilan sampel (detik)	30
Laju alir pompa (rpm)	15
Waktu pembilasan (detik)	10

Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi

Parameter batas kuantifikasi dan batas deteksi dievaluasi dengan perhitungan menggunakan standar deviasi dari pengukuran berulang blanko dan kurva kalibrasi. Hasil pengukuran ini akan mendapatkan nilai standar deviasi (SD), nilai *slope* dari kurva kalibrasi dan konsentrasi rata-rata hasil pengukuran.

Linieritas dan Sensitifitas

Parameter linearitas dievaluasi dengan pengukuran larutan standar dengan 10 tingkatan konsentrasi yang mendekati nilai konsentrasi analit pada sampel. Hubungan antara konsentrasi dan respon instrumen dalam bentuk intensitas diplot menggunakan persamaan regresi linear. Dari persamaan ini akan didapatkan *y-intercept*, *slope* dari garis regresi dan residual jumlah kuadrat (R^2). Parameter linieritas merupakan nilai residual jumlah kuadrat (R^2) dan sensitifitas merupakan *slope* dari garis regresi.

Akurasi

Parameter akurasi dievaluasi dengan pengukuran *certified reference material* (CRM). Pada pengukuran akurasi dengan CRM, hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan nilai CRM yang sebenarnya dan dapat dihitung presentase tingkat akurasinya.

$$\text{Akurasi} = \frac{\bar{x}}{x_{tv}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi analisis logam tanah jarang dengan ICP-OES dilakukan dengan memperhitungkan parameter kinerja analitis dari metode ini. Parameter kinerja analitis yang dievaluasi diantaranya linieritas dan sensitifitas, batas deteksi dan batas kuantifikasi, serta akurasi metode analisis.

Linieritas dilakukan untuk menentukan kemampuan suatu pengukuran untuk dapat memberikan hasil yang berbanding lurus dengan konsentrasi analit dari sampel. Linearitas dapat dievaluasi kemampuannya dari nilai koefisien korelasi (R^2) pada kurva kalibrasi yang dibentuk dengan besaran intensitas sebagai sumbu y dan konsentrasi standar sebagai sumbu x. Kurva kalibrasi ini selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi analit yang tidak diketahui pada sampel. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai R^2 pada tiap-tiap unsur logam tanah jarang yang diukur berkisar antara 0,999 – 1. Nilai R^2 semakin mendekati 1 mengindikasikan bahwa standar kalibrasi yang dibuat sudah baik, dimana intensitas dengan konsentrasi standarnya berbanding lurus.

Sensitifitas ditentukan melalui kemiringan dari persamaan regresi kurva kalibrasi standar. Tiap unsur logam tanah jarang memiliki sensitifitas yang berbeda-beda seperti yang ditampilkan pada

Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Linieritas dan Sensitifitas LTJ dengan ICP-OES

Unsur	Parameter		
	λ (nm)	Linieritas (R ²)	Sensitifitas
La	412,322	1	2596,4
Ce	446,021	1	3429,2
Pr	396,481	1	972,78
Nd	430,357	1	2700,2
Sm	359,259	1	1703,2
Eu	397,197	1	21205
Gd	336,224	1	1409,7
Tb	367,636	1	1855,7
Dy	353,171	1	1688,6
Ho	339,895	1	2280,4
Er	369,265	1	3759
Tm	336,261	1	1971,2
Yb	289,138	1	2441,2
Lu	291,139	1	590,82
Y	361,104	0,999	4997,7

Batas kuantifikasi merupakan batas konsentrasi terkecil dari analit dalam sampel yang dapat diukur dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima. Sedangkan batas deteksi merupakan jumlah terkecil dari konsentrasi analit dalam sampel yang dapat dibedakan dari nol (blanko). Penentuan dari batas deteksi dan batas kuantifikasi prosedur ini dievaluasi dari standar deviasi dari pengukuran berulang larutan blanko dan juga dari kurva kalibrasi. Berdasarkan hasil pengukuran, batas deteksi unsur logam tanah jarang berkisar antara 0,005 – 0,09 mg/L dan batas kuantifikasi unsur logam

tanah jarang berkisar antara 0,01 – 0,20 mg/L (**Tabel 3**).

Akurasi dari suatu pengukuran analitikal menggambarkan kedekatan dari hasil pengukuran dengan hasil yang sebenarnya termasuk menggambarkan pengaruh presisi dan kesalahan yang terjadi selama prosedur. Akurasi untuk prosedur ini dihitung dengan cara membandingkan nilai konsentrasi analit pada bahan referensi dengan nilai konsentrasi tersertifikasi. Syarat keberterimaan suatu akurasi telah ditentukan oleh AOAC Internasional berdasarkan nilai konsentrasi analitnya (**Tabel 4**).

Tabel 3. Hasil LOD dan LOQ Analisis LTJ dengan ICP-OES

Unsur	Parameter		
	λ (nm)	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
La	412,322	0,06	0,11
Ce	446,021	0,01	0,04
Pr	396,481	0,09	0,20
Nd	430,357	0,05	0,11
Sm	359,259	0,03	0,07
Eu	397,197	0,005	0,01
Gd	336,224	0,04	0,09
Tb	367,636	0,04	0,08
Dy	353,171	0,02	0,04
Ho	339,895	0,03	0,05
Er	369,265	0,02	0,04
Tm	336,261	0,01	0,04
Yb	289,138	0,01	0,03
Lu	291,139	0,04	0,09
Y	361,104	0,02	0,04

Tabel 4. Nilai Keberterimaan Akurasi yang Diperkirakan Berdasarkan Konsentrasi Analitnya
(AOAC International, 2016)

Analit, %	Fraksi berat (C)	Unit	Rata – rata akurasi, %
100	1	100%	98-102
10	10^{-1}	10%	
1	10^{-2}	1%	97-103
0,1	10^{-3}	0,1%	95-105
0,01	10^{-4}	100 ppm	90-107
0,001	10^{-5}	10 ppm	80-110
0,0001	10^{-6}	1 ppm	
0,00001	10^{-7}	100 ppb	
0,000001	10^{-8}	10 ppb	60-115
0,0000001	10^{-9}	1 ppb	40-120

Ada dua jenis sampel CRM yang dipakai untuk mengevaluasi tingkat akurasi metode analisis LTJ ini, yaitu REE-1 (untuk sampel batuan) dan NCS DC 73307 (untuk sampel sedimen sungai). Berdasarkan hasil pengukuran, metode analisis ini dapat digunakan sebagai metode analisis logam tanah jarang untuk sampel batuan. Dimana akurasi yang dihasilkan dari REE-1 menyimpulkan bahwa nilai akurasinya dapat diterima dengan nilai akurasi berkisar antara 86,3 -101,5%. Sedangkan

untuk sampel sedimen sungai, dalam hal ini CRM NCS DC 73307, metode analisis LTJ dengan ICP-OES ini masih kurang baik, hal ini dikarenakan ada beberapa unsur logam tanah jarang berat (Gd, Tb, Tm, Lu, Y) yang nilai akurasinya masih jauh dari nilai yang dipersyaratkan (**Tabel 5**). Tidak tepatnya metode analisis ini untuk beberapa unsur tersebut disebabkan oleh konsentrasi dari unsur-unsur tersebut berada di bawah nilai batas deteksi alat pada masing-masing unsur itu.

Tabel 5. Hasil Analisis dan Akurasi CRM REE-1 dan NCS DC 73307

Unsur	λ (nm)	REE-1			NCS DC 73307		
		Nilai Sertifikat (mg/L)	Hasil Analisis (mg/L)	Akurasi (%)	Nilai Sertifikat (mg/L)	Hasil Analisis (mg/L)	Akurasi (%)
La	412,322	1661	1558	93,8	40	36	90
Ce	446,021	3960	3622	91,5	78	71	91
Pr	396,481	435	397	91,3	9,2	9,95	108,1
Nd	430,357	1456	1256	86,3	34	27	79,4
Sm	359,259	381	374	98,3	6,3	6,2	98,4
Eu	397,197	23,5	22,4	95,2	1,33	1,31	98,5
Gd	336,224	433	427	98,7	5,5	3,6	65,5
Tb	367,636	106,2	102,5	96,5	0,87	1,11	127,6
Dy	353,171	847	843	99,6	5,1	5,0	98,0
Ho	339,895	208	201	96,5	0,96	1,14	118,8
Er	369,265	701	686	97,8	2,8	2,7	96,4
Tm	336,261	106	105,9	99,9	0,44	0,86	195
Yb	289,138	678	670	98,8	2,8	2,87	102,5
Lu	291,139	92,4	93,8	101,5	0,45	0,26	57,8
Y	361,104	5480	5486	100,1	27	17	63

KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi analisis logam tanah jarang dengan *Inductively Coupled Plasma (ICP) - Optical Emission Spectrophotometer (OES)* pada sampel geologi yang digunakan pada analisis ini berasal dari sampel CRM jenis batuan (REE-1) dan sedimen sungai (NCS DC 73307). Evaluasi analisis LTJ dilakukan dengan mengevaluasi hasil parameter kinerja analitis metodenya. Adapun parameter kinerja analitis yang dievaluasi adalah linieritas dan sensitifitas alat, batas deteksi dan batas kuantifikasi alat, serta akurasi metode analisis. Berdasarkan hasil perhitungan, linieritas dan sensitifitas metode analisis ini sudah baik, dengan memberikan linieritas (R^2) berkisar antara 0,999 – 1 dengan sensitifitas yang bervariasi untuk masing-masing unsurnya. Batas deteksi ICP-OES untuk unsur logam tanah jarang berkisar antara 0,005 – 0,09 mg/L dan batas kuantifikasinya berkisar

antara 0,01 – 0,20 mg/L. Metode analisis LTJ dengan ICP-OES ini sudah memberikan hasil yang baik untuk sampel jenis batuan (REE-1) dimana akurasi yang diberikan berkisar antara 86,3 – 101,5%. Akan tetapi metode analisis ini masih kurang tepat untuk beberapa unsur LTJ pada sampel sedimen sungai (NCS DC 73307), terutama untuk unsur logam tanah jarang berat (Gd, Tb, Tm, Lu, Y) karena nilai akurasinya masih jauh dari nilai akurasi yang dapat diterima berdasarkan AOAC Internasional.

Dari hasil evaluasi analisis LTJ dengan ICP-OES, perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk analisis LTJ dari sampel sedimen sungai dan sampel geologi lainnya dengan ICP-OES ini. Selain itu, analisis LTJ dapat pula di uji coba dengan instrumen lainnya yang rentang kerja alatnya berada di bawah rentang kerja ICP-OES, terutama untuk unsur LTJ dengan konsentrasi yang rendah (LTJ berat).

DAFTAR PUSTAKA

- Balaram, V. (1995). Developments and trends in inductively coupled plasma mass spectrometry and its influence on the recent advances in trace element analysis. *Current Science*, 640-649.
- Balaram, V. (2019). Rare Earth Elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 1285-1303.
- Bumi, P. S. (2019). *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*. Bandung: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Dutt, T., Kim, K.H., Uchimiya, M., Kwon, E. E., Jeon, B. H., Deep, A., Yun, S. T. (2016). Global demand for rare earth resources and strategies for green mining. *Environmental Research*, 182-190.
- Rodliyah, I. (2015). Penelitian Logam Tanah Jarang di Indonesia. *M&E*, 71-80.

EVALUASI POTENSI MINERAL KRITIS DAN LOGAM TANAH JARANG PERAIRAN SINGKEP, KEPULAUAN RIAU

Agus Setyanto dan Deni Setiady

Kelompok Sumber Daya Geologi Kelautan,
Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

SARI

Tercantum dalam pasal 6, Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara yang diubah dengan Undang-Undang No. 3 Tahun 2020, disebutkan bahwa salahsatu kewenangan pemerintah dalam pengelolaan pertambangan mineral dan batubara adalah menetapkan WIUP mineral logam dan WIUP batubara (huruf g), menetapkan WIUP mineral bukan logam dan WIUP batuan (huruf h), dan menetapkan WIUPK (huruf i). Dalam pelaksanaan kewenangan tersebut, pemerintah perlu melakukan evaluasi dan penyiapan data wilayah prospek sebagai salahsatu komponen yang diperlukan dalam proses pelelangan untuk WIUP mineral logam dan WIUP batubara, serta proses pemberian ijin untuk WIUP mineral bukan logam dan WIUP batuan. Termasuk di dalamnya juga melakukan evaluasi data untuk proses pelelangan Wilayah Ijin Usaha Pertambangan Khusus (WIUPK).

Sehubungan dengan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Nomor 791.K/GL.05/BGD/022 tentang Pembentukan Tim Evaluasi Sumber Daya Mineral Kritis dan Logam Tanah Jarang Perairan Singkep Selatan, Provinsi Kepulauan Riau tanggal 25 Oktober 2022, Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL) melalui Tim Mineral Kelautan telah melakukan evaluasi sumber daya mineral kelautan terhadap data-data geologi kelautan dan mineralisasi yang tersedia di Perairan Singkep.

Parameter yang dijadikan acuan dalam penilaian evaluasi teknis mengenai rekomendasi usulan WIUP adalah :

1. Rencana Pola Ruang Laut;
2. Keberadaan Izin Usaha Pertambangan yang aktif dan non-aktif; dan
3. Keterdapatannya data geologi mineral logam, baik data primer dan data sekunder, dalam hal ini antara lain: data pengambilan conto dan hasil analisis laboratorium.

Kata kunci : evaluasi data keprospekan, lokasi prospek, rekomendasi wilayah, SIG, WIUP, WIUPK

PENDAHULUAN

Dalam upaya mendukung pemberdayaan mineral kritis di Indonesia secara maksimal, perlu dilakukan eksplorasi untuk mengetahui secara pasti sumber daya dan cadangan alam mineral-mineral kritis yang ada di Indonesia untuk memperkuat sektor hulu dan hilir. Dengan begitu, mineral kritis dapat dimanfaatkan secara maksimal demi kepentingan bersama.

Mineral kritis yang diendapkan di dasar laut berupa mineral yang mengalami pelapukan transportasi dan sedimentasi (mineral kritis plaser). Pembentukan endapan plaser laut membutuhkan adanya batuan sumber yang cukup melimpah. Mineral kritis plaser yang umum dijumpai yaitu emas, mineral golongan platinum, batu mulia, pirit, magnetit, kasiterit, wolframit, rutil, monazit, dan zircon. Saat ini endapan plaser laut berupa rutil, monazit, ilmenit, dan zircon banyak dieksploitasi di sepanjang pantai timur Australia, India, dan Indonesia.

PSDMBP dan BBSPGL sebagai unit pelaksana teknis mempunyai kebijakan dan sasaran strategis yang juga harus diselaraskan dengan *Center of Excellence* Geologi Indonesia. Kebijakan dan sasaran strategis tersebut diantaranya yaitu pengembangan sumber daya mineral kelautan.

Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor

252.K/GL.01/MEM.S/2022 tentang Uraian Fungsi Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, diantara tugas dan fungsi BBSPGL adalah pelaksanaan survei potensi sumber daya mineral kelautan; pelaksanaan survei mineral berat pembawa unsur tanah jarang kelautan; pengelolaan data dan informasi teknis geologi kelautan.

METODOLOGI

Untuk mencapai target yang diharapkan, maka dalam pelaksanaannya metode yang digunakan dalam penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Inventarisasi dan kompilasi data geologi dan geofisika kelautan hasil hasil penyelidikan yang telah dilakukan di Perairan Pulau Singkep,
2. Menentukan lokasi mineral dan logam tanah jarang berdasarkan data oseanografi, geologi, dan geofisika kelautan.

HASIL EVALUASI

Usulan WIUP Blok X yang didasarkan pada hasil evaluasi sumber daya mineral kritis dan logam tanah jarang di Perairan Singkep, Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau ini memiliki luas wilayah sebesar **11.376,7 Hektar** dan berada pada koordinat yang tertera di Tabel 1, sesuai dengan sistem koordinat Bujur Lintang WGS 1984.

Data Geologi

Secara geologi regional, Pulau Singkep dan pulau-pulau di sekitarnya merupakan bagian dari jalur timah batuan granit (*Tin Belt Granite*) yang tersusun oleh batuan granitoid pembawa mineralisasi timah dan mineral ikutan lainnya. Melihat latar belakang geologi daerah ini, kemungkinan keterdapatan mineralisasi pada endapan plaser dasar laut sangat besar.

Dari hasil pengambilan sampel untuk analisis kimia diketahui dari 13 sampel yang diambil di dalam lokasi usulan memiliki hasil analisis laboratorium yang cukup tinggi. Adapun dari sampel

sedimen dasar laut yang diambil menggunakan grab sampler dan gravity core memiliki nilai Sn (timah) berkisar antara 0,2-393 ppm; sedangkan nilai Al (aluminium) berkisar antara 3.720-42.900 ppm dan unsur Fe (besi) berkisar antara 0,72-18.600 ppm.

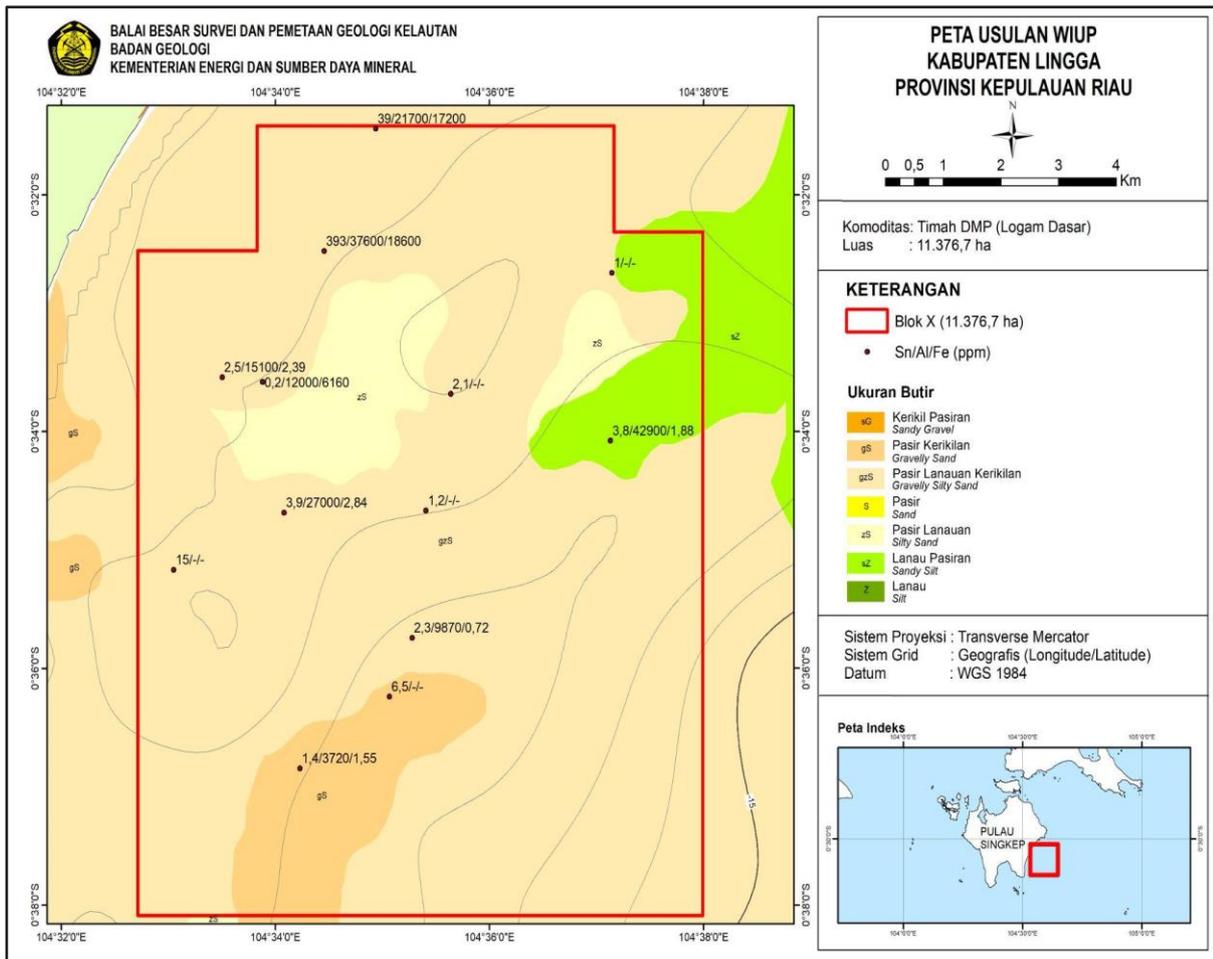
Dalam penggambaran daerah usulan WIUP, *layout* peta mengacu kepada ketentuan Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (Ditjen Minerba) (Gambar 1) yang berdasarkan lokasi pengambilan sampel dan peta sebaran sedimen dasar laut. Rekapitulasi data yang dijadikan dasar penggambaran daerah usulan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Usulan Koordinat Wilayah WIUP Blok X

No	BUJUR				LINTANG			
	Derajat	Menit	Detik	BT/BB	Derajat	Menit	Detik	LU/LS
1	104	33	49,73	BT	0	31	24,99	LS
2	104	37	9,73	BT	0	31	24,99	LS
3	104	37	9,73	BT	0	32	18,81	LS
4	104	37	59,44	BT	0	32	18,81	LS
5	104	37	59,44	BT	0	38	5,38	LS
6	104	32	42,81	BT	0	38	5,38	LS
7	104	32	42,81	BT	0	32	28,22	LS
8	104	33	49,73	BT	0	32	28,22	LS

Tabel 2. Rekapitulasi Data

No.	Jenis Sampel	Jumlah Sampel	Jenis Analisis	Tahun	Keterangan
1	Sedimen dasar laut (<i>grab sample dan gravity core</i>)	13	Sn, Al, dan Fe	2012 dan 2016	Kadar tertinggi unsur Sn 393 ppm; Al 42.900 ppm dan Fe 18.600 ppm



Gambar 1. Peta Usulan WIUP Blok X, Kabupaten Lingga, Provinsi Kepulauan Riau

REKOMENDASI USULAN WIUP

Data yang digunakan pada evaluasi usulan WIUP Blok X, mencakup data dari hasil penyelidikan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) sejak tahun 2012 hingga 2016 di Perairan Singkep. Hasil penyelidikan yang dievaluasi antara lain Penyelidikan Kandungan Endapan Plaser Pembawa Timah di Perairan Singkep Timur, Kepulauan Riau (2012), Penyelidikan Kandungan Endapan Plaser Pembawa Timah dan Unsur Tanah Jarang di Perairan Todak, Kepulauan Riau (2014),

dan Penyelidikan Kandungan Endapan Plaser dan Unsur Tanah Jarang di Pantai dan Perairan Barat Laut Singkep, Kepulauan Riau (2016).

Ditinjau dari aspek teknis yang telah dievaluasi, usulan lokasi WIUP dianggap menunjukkan potensi keterdapatan mineralisasi logam timah dan mineral pengikutnya dengan kadar Sn 393 ppm; Al 42.900 ppm dan Fe 18.600 ppm. Penilaian/pembobotan tingkat keyakinan dari data-data yang ada dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembobotan tingkat keyakinan data-data WIUP Blok X

No	Parameter	Bobot	Tersedia	Kualitas (1=100%)	Total
1	Lokasi dan Administrasi	25			
	a. Koordinat lokasi	15	Ada	1	15
	b. Administrasi (Desa, Kec, Kab, Prov)	10	Ada	1	10
2	Dokumen Penunjang	15			
	a. Laporan Eksplorasi	3	Ada	1	3
	b. Peta Geologi Regional	3	Ada	1	3
	c. Peta Sebaran Sedimen Dasar Laut	3	Ada	1	3
	d. Peta Potensi komoditi (e.g. Peta <i>Isopach</i>)	3	Tidak ada		
	e. Sertifikat laboratorium	3	Tidak ada		
3	Data Permukaan	15			
	a. Sediment Sample (e.g. Grab sample)				
	i. Ukuran Butir	2	Ada	1	2
	ii. Kimia	3	Ada	1	3
	iii. Mineralogi butir atau Petrografi	2	Tidak ada		
	iv. Mineragrafi	2	Ada	1	2
	b. Bathymetry				
	i. Singlebeam Echosounder	2	Ada	1	2
	ii. Multibeam Echosounder	4	Tidak ada		
4	Data Bawah Permukaan	45			
	a. Geofisika				
	i. Seismik	10	Ada	0,4	4
	ii. Magnetik	3	Tidak ada		
	iii. Gravity	2	Tidak ada		

No	Parameter	Bobot	Tersedia	Kualitas (1=100%)	Total
	<i>b. Drill Core</i>				
	i. Total <i>depth</i> , ukuran <i>core</i> dan kerapatan	7	Tidak ada		
	ii. Kimia	7	Tidak ada		
	iii. Mineralogi butir atau Petrografi	3	Tidak ada		
	iv. Mineragrafi	3	Tidak ada		
	<i>c. Gravity core atau Piston core</i>		Tidak ada		
	i. Kimia	4	Ada	1	4
	ii. Mineralogi butir atau Petrografi	3	Tidak ada		
	iii. Mineragrafi	3	Ada	1	3
	Total	100			54

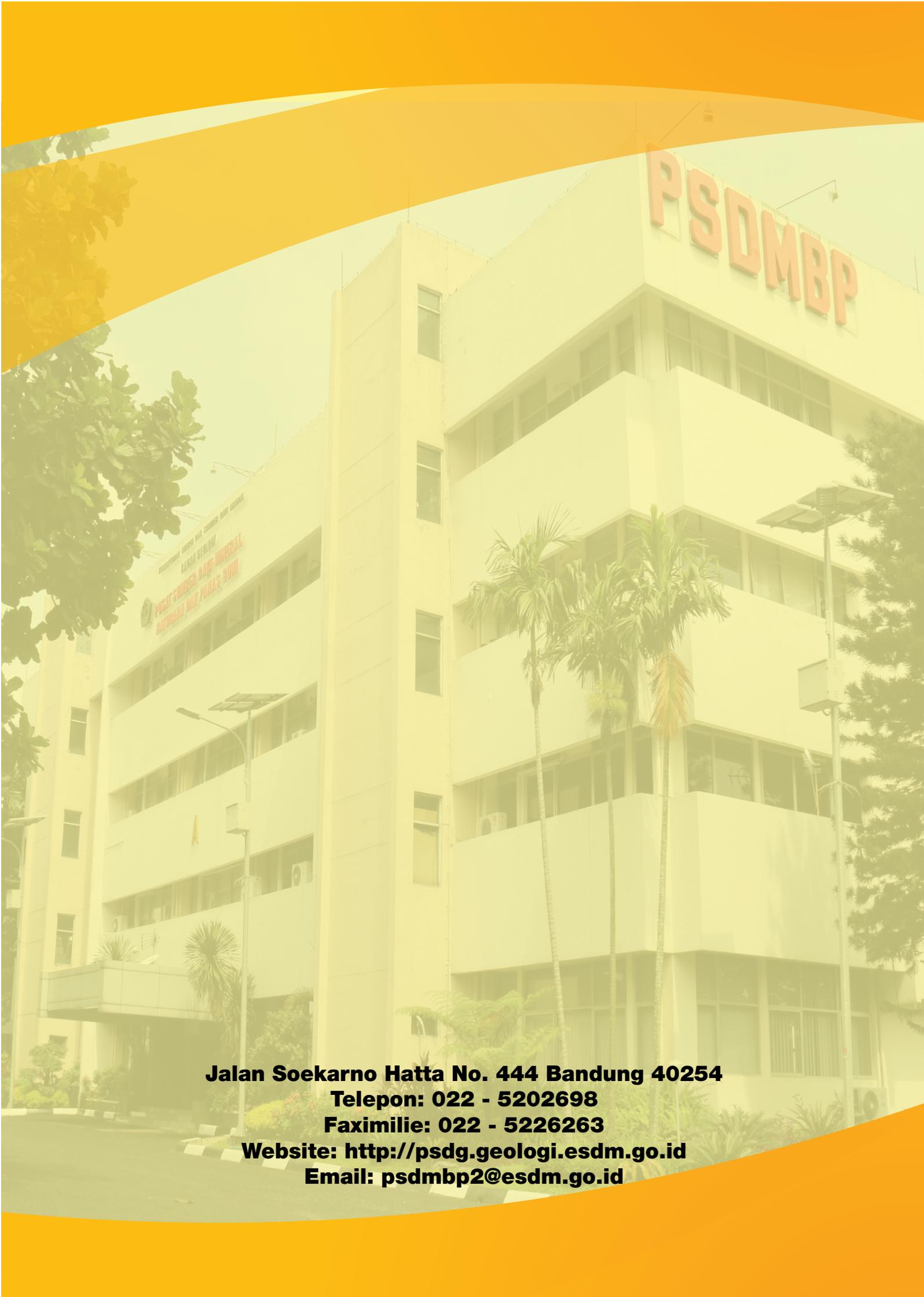
Berdasarkan evaluasi data geologi dan data lokasi WIUP, total luas WIUP yang direkomendasikan adalah **11.376,7 hektar**. Wilayah yang diusulkan memiliki

tingkat keyakinan **54/100** sebagai WIUP untuk komoditas mineral logam Timah DMP (Logam Dasar).

DAFTAR PUSTAKA

- Mustafa, M.A., dkk. 2012. Penelitian Keterdapatan Endapan Plaser Pembawa Timah Perairan Singkep Timur, Provinsi Kepulauan Riau. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Laporan internal, tidak dipublikasikan.
- Mustafa, M.A., dkk. 2014. Penelitian Keterdapatan Endapan Plaser Pembawa Timah dan Unsur Tanah Jarang Perairan Todak dan Sekitarnya, Singkep, Provinsi Kepulauan Riau. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Laporan internal, tidak dipublikasikan.
- Mustafa, M.A., dkk. 2015. Penelitian Keterdapatan Endapan Plaser dan Unsur Tanah Jarang di Pantai dan Perairan Barat Laut Singkep dan Sekitarnya, Kab. Lingga, Provinsi Kepulauan Riau. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Laporan internal, tidak dipublikasikan.

Mustafa, M.A., dkk. 2016. Penelitian Keterdapatn Endapan Plaser dan Unsur Tanah Jarang di Pantai dan Perairan Dabo dan Sekitarnya, Kab. Lingga, Provinsi Kepulauan Riau. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Laporan internal, tidak dipublikasikan.



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