ISSN 1907-5367
eISSN 2580-1023

# buletin
# SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 19 No. 1, Mei 2024



Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Badan Geologi
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi



| Buletin Sumber Daya Geologi | Vol. 19 | No. 1 | Halaman 1 - 69 | Bandung Mei 2024 | Terakreditasi Kemenristekdikti sebagai Jurnal Ilmiah Nomor : 200/M/KPT/2020 |
|---|---|---|---|---|---|

**KETERANGAN SAMPUL DEPAN**

*Native Gold* mengisi rekahan urat kuarsa diperoleh dari lubang bekas paritan tambang di Bukit Dolok Pangkuruhan, Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara (Iwan Nursahan, dkk., 2024)

ISSN 1907-5367
eISSN 2580-1023

# buletin
# SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 19 Nomor 1, Mei 2024

**Terakreditasi Kemenristekdikti sebagai Jurnal Ilmiah Nomor : 200/M/KPT/2020**

Buletin Sumber Daya Geologi merupakan jurnal ilmiah terakreditasi Kemenristekdikti bidang mineral, energi fosil, dan panas bumi yang berkaitan dengan kajian sumber daya. Majalah ini terbit tiga nomor dalam satu tahun pada bulan Mei, Agustus dan November.

## DEWAN REDAKSI

**Editor In Chief**
Ir. Denni Widhiyatna, M.T.

**Managing Editor**
Eko Suryanto, S.Kom.
Resmi Novianti, S.Kom.
Ernawati, S.I.Pust.
Candra, S.T.
Riad Bakti Padilah, S.AP.
Bonny Wanda Nugraha, S.Kom
Atep Kurnia, S.S.

**Editorial Board**
Fitri Purnamasari Liveta, S.A.P.
Qomariah, S.Kom., M.T.
Ir. Herry Rodiana Eddy, M.Si.
Ir. Prima Muharam Hilman, M.Sc.
Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi
Ir. Sri Widodo
Ir. Teuku Ishlah
Ir. Bambang Pardiarto
Dr. Siti Sumilah Rita Susilawati, S.T., M.Sc.
Ir. Rina Wahyuningsih
Fatimah, S.T., M.Sc.
Asep Sugianto, S.T., M.T.
Irwan Muksin, S.T.
Husin Setia Nugraha S.T., M.Sc.

**Peer-Reviewer**
Prof. Dr.Ir. Binarko Santoso, M.Sc
Prof. Ir. Mega Fatimah Rosana, M.Sc, Ph.D
Prof. Euis Tintin Yuningsih, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir. Rukmana Nugraha Adhi, DEA
Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc.
Dr. Eng. Agus Didit Haryanto, Ir., M.T.
Ir. Sabtanto Joko Suprapto, M.T.
Edi Suhanto, S.Si, M.T.
Dr. Asep Kurnia Permana, S.T., M.Sc
Dr. rer. nat. Ernowo, S.T., M.T.

**Alamat sekretariat dan pengiriman naskah**
Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
Bagian Umum
Jl. Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Telepon : (022) 520 2698, 522 6270
Fax : (022) 522 6270, 522 6263
Email : buletinpsdg@gmail.com
OJS : http://buletinsdg.geologi.esdm.go.id

# PENGANTAR REDAKSI

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena pada tahun 2024 ini Buletin Sumber Daya Geologi dapat kembali hadir menemui para pembacanya. Pada edisi saat ini, Buletin Sumber Daya Geologi berisi lima makalah ilmiah yang mengulas tentang komoditas mineral. Para penulis yang berkontribusi berasal dari Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Pusat Riset Sumber Daya Geologi – Badan Riset dan Inovasi Nasional, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, Universitas Padjadjaran, Universitas Diponegoro, PT. Sebuku Iron Lateritic Ore.

Lima makalah yang mengulas tentang sumber daya mineral berupa empat artikel tentang mineral logam dan satu artikel tentang mineral bukan logam dan batuan, Artikel pertama berupa kajian tentang karakteristik alterasi dan mineralisasi emas dan logam dasar di suatu wilayah prospek untuk menentukan model tipe endapannya. Metode penelitian yang digunakan berupa pemetaan geologi semi rinci, pengamatan alterasi dan mineralisasi, analisis XRD, spektral, mineragrafi, serta analisis inklusi fluida.

Artikel kedua berupa kajian tentang genesa dan keterdapatan cebakan bijih besi. Secara genesa bijih besi di daerah tersebut berupa besi primer dan besi laterit yang genesanya berhubungan dengan proses magmatisme dan hidrotermal. Artikel ketiga berupa kajian tentang emas dan logam dasar yang menggunakan metode pemetaan geologi semi rinci, pengamatan alterasi dan mineralisasi, analisis XRD, spektral, mineragrafi, serta analisis inklusi fluida, sehingga menghasilkan karakteristik alterasi, mineralisasi dan model tipe endapannya.

Artikel selanjutnya yaitu kajia tentang pengolahan data geokimia unsur besi yang berupa sebaran unsur tunggal maupun asosiasinya secara vertikal maupun horisontal. Hasil analisis menggunakan dendrogram dan korelasi matrix menunjukkan adanya korelasi kuat unsur Co, Cr dan Mn dengan Fe. Sedangkan artikel terakhir yaitu kajian kualitas batugamping sebagai bahan baku utama semen yang ditinjau dari studi geologi dan litofasies. Kajian ini menggunakan metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* yang menghasilkan delineasi wilayah batugamping yang berkualitas baik dan buruk. Selain itu disimpulkan bahwa batugamping berkualitas baik berupa litofasies *wackestone, packstone*, dan *grainstone*, sedangkan yang berkualitas buruk berupa *mudstone*.

Kami mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi dan manajemen yang telah memfasilitasi pengelolaan Buletin Sumber Daya Geologi hingga saat ini. Selain itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada para dewan redaktur, editor, mitra bestari, penulis dan kontributor foto serta sekretariat atas kontribusinya sehingga Buletin Sumber Daya Geologi selalu hadir untuk para pembaca dengan menyajikan makalah-makalah ilmiah yang berkualitas.

Salam sehat dan tetap semangat,

Dewan Redaksi

ISSN 1907-5367
eISSN 2580-1023

# buletin
# SUMBER DAYA GEOLOGI

Volume 19 Nomor 1, Mei 2024

## DAFTAR ISI

### MAKALAH ILMIAH

1 - 10 **ANALISIS ALTERASI DAN MINERALISASI BERDASARKAN PENGAMATAN MEGASKOPIK DAN MIKROSKOPIK PADA DAERAH PROSPEK X KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**
***ALTERATION AND MINERALIZATION ANALYSIS BASED ON OBSERVATION OF MEGASCOPIC AND MICROSCOPIC ON PROSPECT "X" IN BOLAANG MONGONDOW REGENCY AT NORTH SULAWESI***
Gita Dela Christi, Sulistiyono, Tatik Handayani, dan Denni Widhiyatna

11 - 25 **KETERDAPATAN DAN GENESA CEBAKAN BIJIH BESI DAERAH KAPAYANG, KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN**
***THE OCCURENCES AND GENETIC OF IRON ORE DEPOSITS IN KAPAYANG, TANAH BUMBU REGENCY, SOUTH KALIMANTAN***
Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo

27 - 39 **KARAKTERISITIK ENDAPAN POLIMETALIK EMAS DAN LOGAM DASAR DAERAH DOLOK PANGKURUHAN, KECAMATAN PEGAGAN HILIR, KABUPATEN DAIRI, PROVINSI SUMATERA UTARA**
***CHARACTERISTICS OF POLYMETALLIC GOLD AND BASE METAL DEPOSITS DOLOK PANGKURUHAN AREA, PEGAGAN HILIR DISTRICT, DAIRI REGENCY, NORTH SUMATRA PROVINCE***
Iwan Nursahan, Juan Aprilio Rafael L P, Prima M Hilman, dan Aton Patonah

41 - 53 **SEBARAN UNSUR DAN ASOSIASI UNSUR Fe LATERIT BESI DAERAH BLOK X, PT SILO, PULAU SEBUKU, KALIMANTAN SELATAN**
***ELEMENTAL DISTRIBUTION ANALYSIS AND ELEMENTAL ASSOCIATION OF Fe LATERITC IRON, BLOCK X AREA, PT SILO, SEBUKU ISLAND, SOUTH KALIMANTAN***
Andri B Situmorang, Sabtanto Joko Suprapto, A. Djumarma W, Denni Widhiyatna, Sarah Mutia, dan Andhi Cahyadi

55 - 69 **STUDI GEOLOGI DAN LITOFASIES UNTUK MENENTUKAN KUALITAS BATUGAMPING SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN PADA PT CEMINDO GEMILANG (DESA LEBAK TIPAR, KECAMATAN CILOGRANG, KABUPATEN LEBAK, PROVINSI BANTEN)**
***GEOLOGY AND LITHOFACIES STUDIES TO DETERMINE THE QUALITY OF LIMESTONE AS A RAW MATERIAL FOR CEMENT AT PT CEMINDO GEMILANG (LEBAK TIPAR VILLAGE, CILOGRANG DISTRICT, LEBAK REGENCY, BANTEN PROVINCE)***
Muh. Nanda Ardi Darmawan, Rinal Khaidar Ali dan Wahyu Budhi Khorniawan

### ABSTRAK MAKALAH
Oleh : Redaksi

### GALERI FOTO
Oleh : Eko Suryanto, S.Kom

### PEDOMAN PENULISAN KARYA ILMIAH
Oleh : Redaksi

# ANALISIS ALTERASI DAN MINERALISASI BERDASARKAN PENGAMATAN MEGASKOPIK DAN MIKROSKOPIK PADA DAERAH PROSPEK X KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA

## *ALTERATION AND MINERALIZATION ANALYSIS BASED ON OBSERVATION OF MEGASCOPIC AND MICROSCOPIC ON PROSPECT "X" IN BOLAANG MONGONDOW REGENCY AT NORTH SULAWESI*

**Gita Dela Christi[1], Sulistiyono[1], Tatik Handayani[2] dan Denni Widhiyatna[2]**
[1]Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung,
[2]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
gitadelac8@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.436

**ABSTRAK**

Lengan Utara Pulau Sulawesi merupakan jalur metalogenik yang kaya emas. Daerah penelitian berada di Desa Bakan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara pada wilayah IUP PT J. Resources Bolaang Mongondow. Eksplorasi untuk mendapatkan daerah prospek baru masih terus dilakukan, sehingga penelitian tentang karakteristik alterasi dan mineralisasi, diharapkan dapat menjadi acuan untuk ditemukannya daerah prospek baru. Identifikasi data permukaan dan bawah permukaan dilakukan secara megaskopik dan mikroskopik. Pengamatan mikroskopik dengan petrografi dan mineragrafi, untuk mendapatkan data permukaan dilakukan pengamatan alterasi, *channel sampling* dan *grab sampling*, sedangkan data bawah permukaan diperoleh dari pengeboran inti. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui alterasi, mineralisasi, oksidasi, dan tipe cebakan. Daerah penelitian memiliki litologi breksi hidrotermal, breksi diatrem, breksi sesar, dan breksi tuf. Alterasi yang berkembang berupa silika *vuggy,* silika masif*,* argilik lanjut*,* dan argilik*.* Mineralisasi berupa emas dan perak, serta dijumpai mineral sulfida berupa pirit, kalkopirit, sfalerit, enargit, kovelit, serta mineral oksida seperti gutit*,* jarosit*,* dan hematit*.* Tipe cebakan daerah penelitian berupa epitermal sulfidasi tinggi yang terbentuk pada kedalaman menengah, dengan bijih tipe oksida.

**Kata kunci**: epitermal*,* sulfidasi tinggi, litologi, alterasi, mineralisasi

***ABSTRACT***

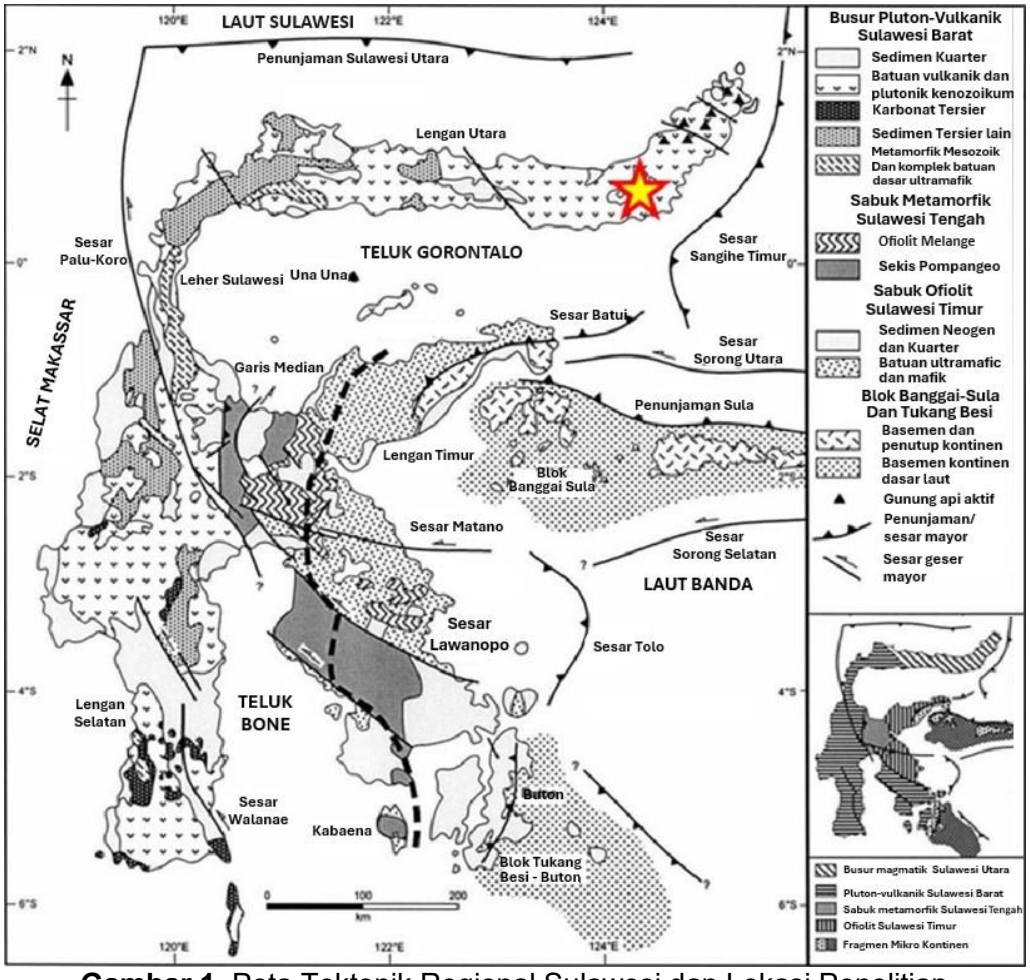
*The North Arm of Sulawesi Island is a gold-rich metallogenic belt. The study area is located in Bakan Village, Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi in the IUP area of PT J Resources Bolaang Mongondow. Exploration to obtain new prospect areas is still being carried out. Therefore, research on alteration and mineralisation characteristics is expected to be a reference for the discovery of new prospects. The research was conducted by identifying surface and subsurface data megascopically and microscopically. Microscopic observations with petrography and mineragraphy. To obtain surface data, alteration observations, channel sampling and grab sampling were carried out, while subsurface data were obtained from core drilling. The purpose of the study was to determine the alteration, mineralisation, oxidation, and deposits type. The study area has lithologies of hydrothermal breccia, diatreme breccia, fault breccia, and tuff breccia. Alteration developed in the form of vuggy sillica, massive sillica, advanced argillic, and argillic. Mineralisation includes gold and silver and sulphide minerals such as pyrite, chalcopyrite, sphalerite, enargite, covellite, and oxide minerals such as goethite, jarosite and hematite. The epithermal high sulphidation deposit type was formed at medium depth, with oxide-type ore.*

***Keywords****: epithermal, high sulphidation, lithology, alteration, mineralization*

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beberapa busur magmatik, menurut Carlille dan Mitchell tahun 1994, terdapat 15 busur magmatik yang teridentifikasi, dan terbentuk pada akhir Mesozoik sampai Kenozoik, pelamparan berupa daratan memanjang sekitar 15.000 km. Kondisi ini menjadikan Indonesia kaya akan sumber daya mineral, salah satunya adalah emas. Salah satu di antara busur magmatik tersebut yaitu Busur Sulawesi Utara (Kavalieris et al, 1992).

Pearson dan Caira (1999) menunjukkan bahwa daerah busur Sulawesi Utara merupakan daerah yang memiliki potensi besar terbentuknya mineralisasi, yakni pada masa Miosen Awal terbentuk di bawah *regime* regional *dextral wrench-tectonic* dan pada masa Pliosen terbentuk di bawah *regime* sinistral *wrench-tectonic*. Busur normal utara hingga barat laut dan busur sesar paralel timur hingga tenggara, terbentuk pada masa Miosen, mendominasi bentukan struktur. Perpotongan antara beberapa sesar utama umumnya merupakan daerah mineralisasi porfiri Cu-Au berkadar rendah yang terbentuk pada masa Miosen. Pengaktifan kembali sinistral dari struktur utama Miosen pada akhir masa Miosen dan Pliosen menyebabkan terjadinya pemekaran dan dilasi yang berarah timur sampai timur laut. Busur ini diyakini menjadi lebih tebal dan batuan dasarnya adalah batuan kerak samudra (Gambar 1). Busur ini terbentuk selama pembentukan Laut Sulawesi pada masa Eosen (van Leeuwen and Muharjo, 2005).




**Gambar 1**. Peta Tektonik Regional Sulawesi dan Lokasi Penelitian (Modifikasi dari Wilson and Moss, 1999, dalam Umbal, dkk., 2007)

Hedenquist dkk., (2000) membuat kriteria karakteristik cebakan epitermal sulfidasi tinggi yang didasarkan pada kedalaman, batuan induk, bentuk endapan, tekstur bijih, alterasi, mineral *gangue*, serta mineral sulfida. Pada penelitian ini, karakteristik cebakan ditentukan dengan mengacu pada klasifikasi tersebut.

Kegiatan eksplorasi untuk mendapatkan daerah prospek baru masih terus dilakukan. Pada eksplorasi emas litologi perlu diperhatikan untuk memahami karakteristik alterasi dan mineralisasi serta tipe deposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui alterasi, mineralisasi, oksidasi, dan tipe cebakan.

## METODOLOGI

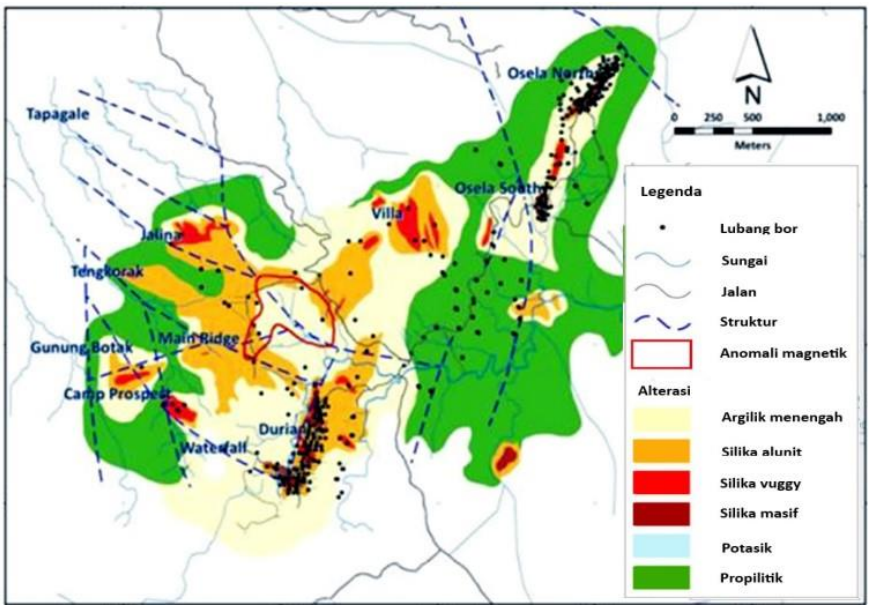
Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi data permukaan dan data bawah permukaan secara megaskopik, analisis petrografi dan analisis mineragrafi. Untuk mendapatkan data permukaan dilakukan pemetaan alterasi, *channel sampling*, dan *grab sampling*, sedangkan data bawah permukaan diperoleh dari pengeboran inti. Pengamatan permukaan dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi geologi di permukaan sehingga dapat memberikan gambaran mengenai litologi, alterasi, dan mineralisasi yang berkembang di daerah penelitian.

Pengamatan inti bor dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan bawah permukaan berupa perubahan litologi, mineral alterasi, mineral sufida, dan oksidasi. Analisis petrografi dilakukan untuk mendeskripsi dan mengklasifikasi batuan dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Pada analisis petrografi, hal yang penting diperhatikan adalah identifikasi tekstur, struktur, dan komposisi mineral. Analisis mineragrafi bertujuan untuk mengetahui tekstur dan kumpulan mineral logam dengan menggunakan mikroskop refleksi, baik pada batuan samping maupun bijih.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

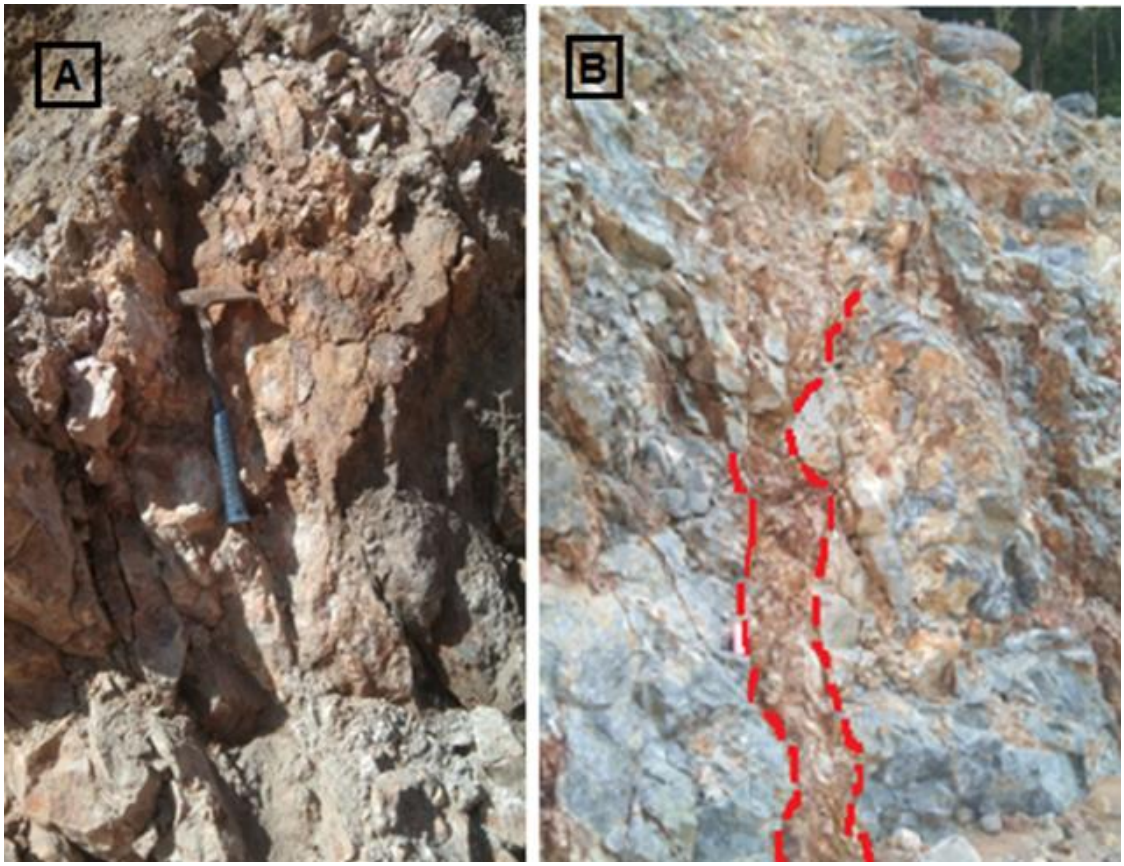
Dari hasil pengamatan litologi, daerah penelitian disusun oleh breksi hidrotermal, breksi diatrem, breksi sesar, tufa andesitik, tufa dasitik, breksi tufa dasitik. Berdasarkan hasil pengamatan megaskopis, alterasi yang dijumpai di daerah penelitian berupa argilik menengah, silika alunit, silika *vuggy*, silika masif, dan propilitik (Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4).




**Gambar 2**. Peta alterasi PT JRBM pada Blok Bakan
(Sumber: Dokumen Perusahaan PT JRBM)




**Gambar 3**. Singkapan alterasi dan hasil *grab sampling*



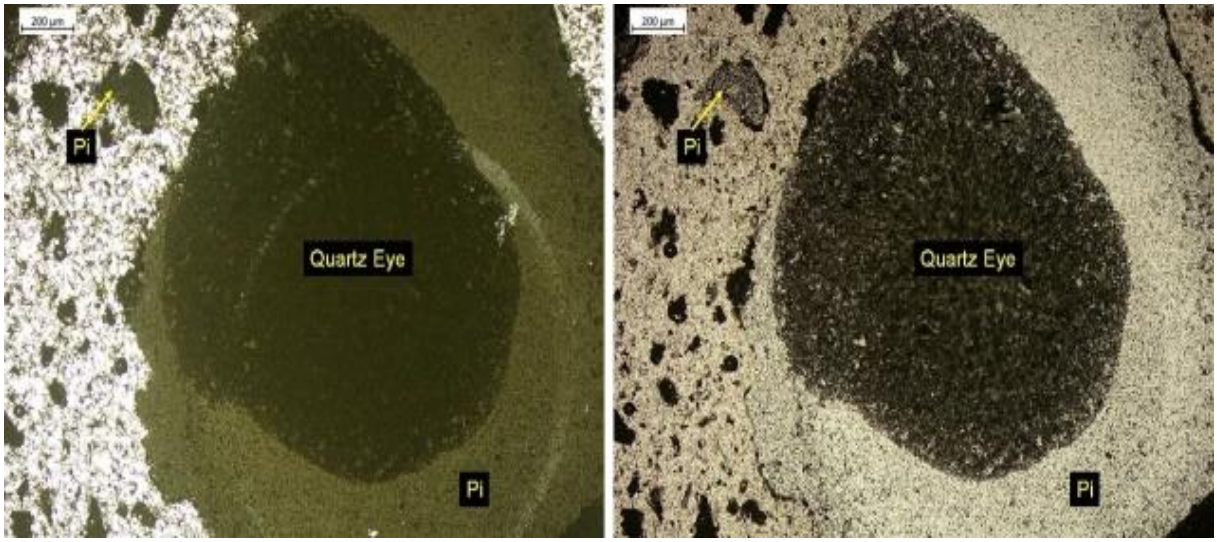

**Gambar 4**. A. Singkapan breksi sesar dengan alterasi silika masif,
B. Singkapan breksi sesar dengan alterasi argilik

Selain data permukaan, dilakukan juga pengamatan data bawah permukaan dari hasil pengeboran. Pengamatan inti bor dilakukan untuk mendapatkan informasi geologi, terutama alterasi dan mineralisasi. Hasil pengeboran di daerah X pada lapisan penutup dari kedalaman 0 m s.d. 0,4m terdapat *scree,* pada kedalaman 0,4 m s.d. 6,3 m terdapat litologi breksi diatrem dengan alterasi silika masif, selanjutnya pada kedalaman 6,3 m s.d. 6,8 m terdapat litologi breksi sesar teralterasi argilik, pada kedalaman 6,8 m s.d. 27,6 m terdapat litologi breksi diatrem dengan alterasi silika masif (Gambar 5).

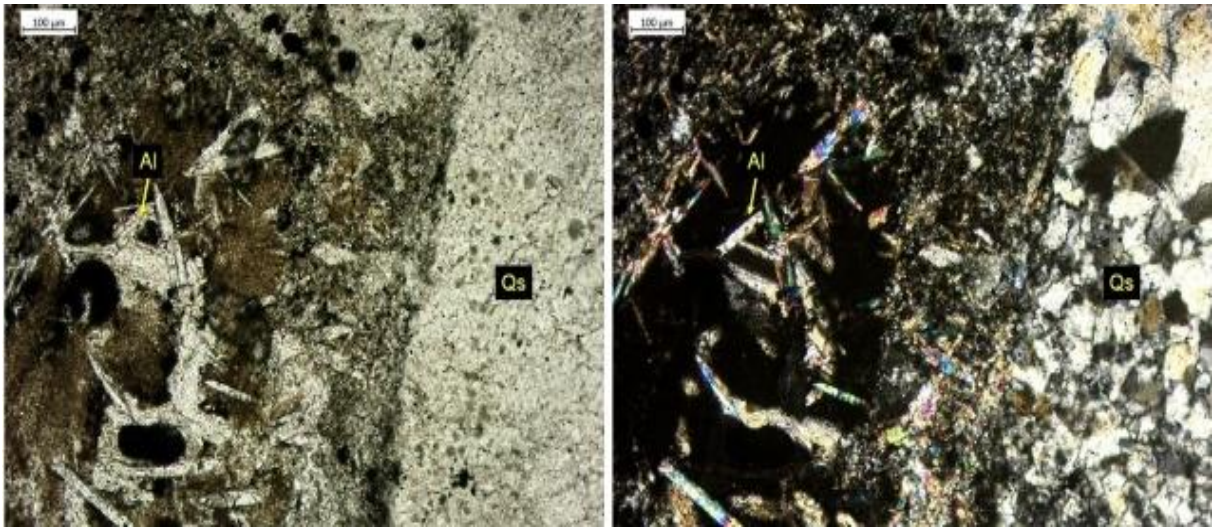
Analisis petrografi dilakukan terhadap empat sampel. Referensi yang digunakan dalam analisis petrografi ini yaitu: Thompson (1996), MacKenzie (1982), Yardley (1990), Adams (1984), dan MacKenzie (2017). Hasil analisis petrografi dari sampel permukaan pada daerah penelitian didapati mineral alunit, piropilit, dan dijumpai *quartz eye* (Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8).



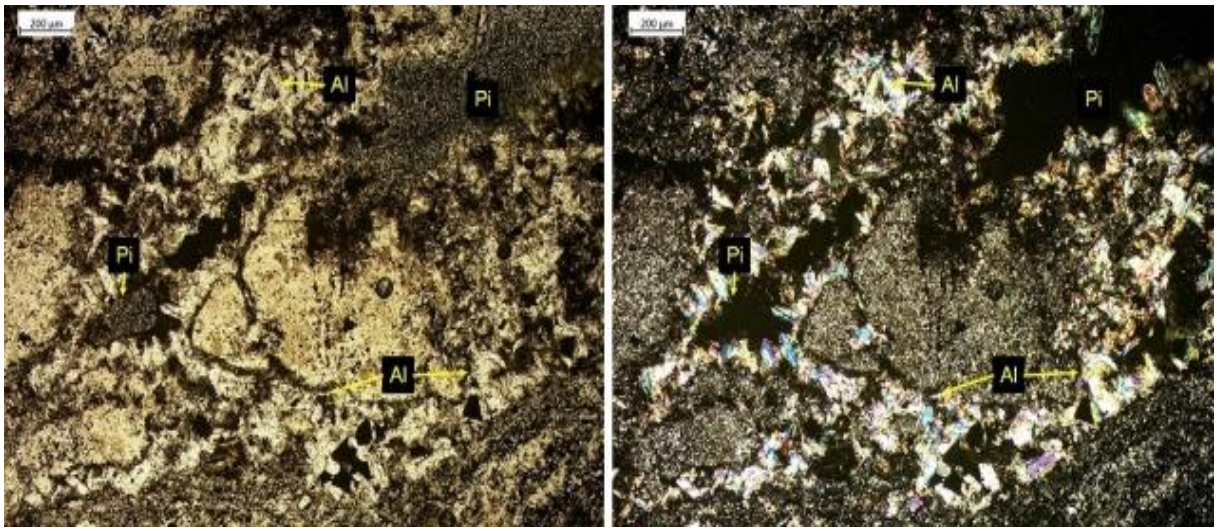
**Gambar 5**. Sample inti bor pada daerah X




**Gambar 6**. Fotomikrograf sample PX 001. Piropilit (Pi) dan *quartz eye* ± 1%, posisi nikol sejajar (kiri); *quartz eye* berasosiasi dengan piropilit 0,1% posisi nikol silang (kanan)

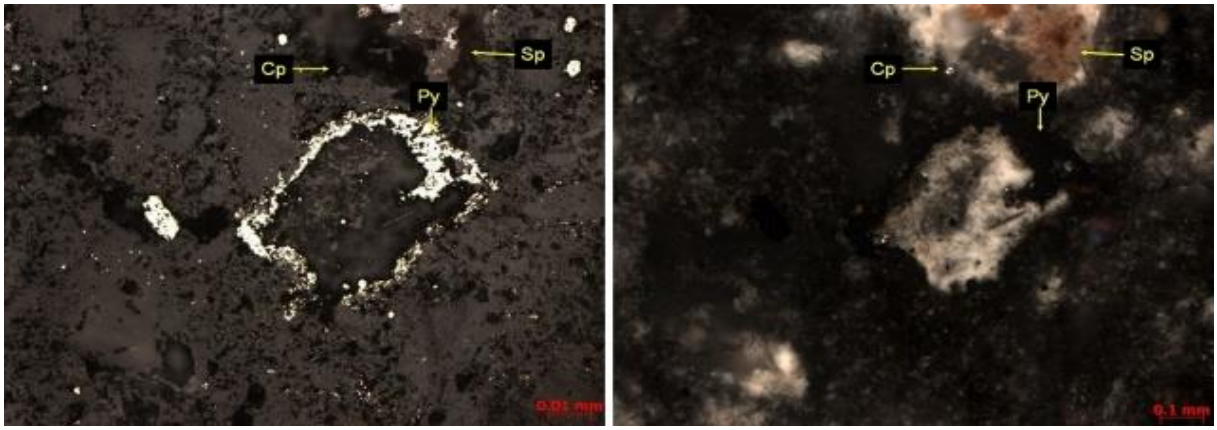



**Gambar 7**. Fotomikrograf anisotropik kuarsa (Qs) serta dijumpainya alunit (Al), posisi nikol sejajar pada sample PX 002 (kiri); Fotomikrograf kuarsa 1% sebagai fragmen dan dijumpai alunit 0,3%, posisi nikol silang pada sample PX 002 (kanan)

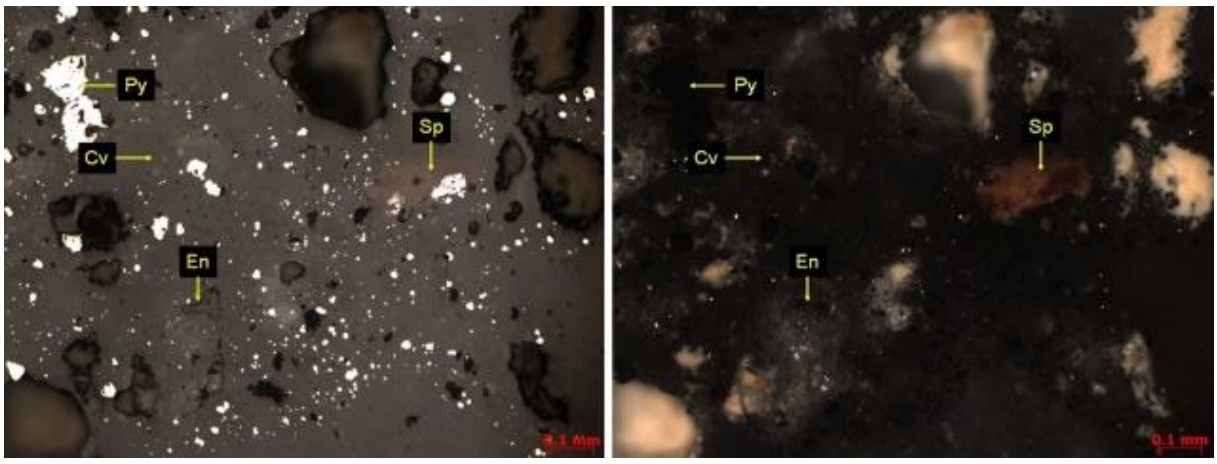



**Gambar 8**. Fotomikrograf piropilit (Al) 0,1% dan alunit posisi nikol sejajar pada sample PX 006 (kiri); Fotomikrograf anisotropik piropilit (Pi) dan dijumpai alunit 1% mengisi retakan, posisi nikol silang pada sample PX 006 (kanan)

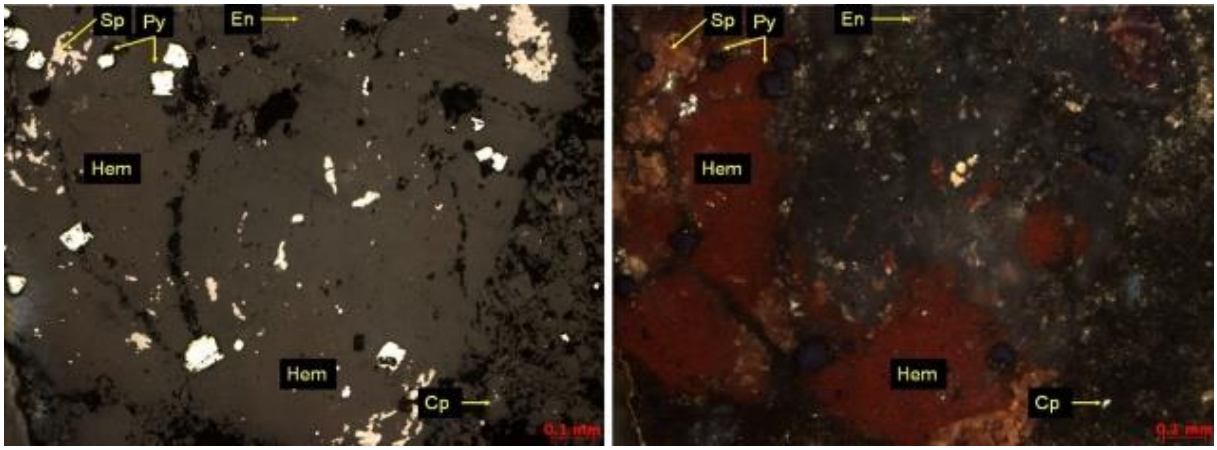
Dari semua sampel yang dianalisis petrografi, seluruhnya terindikasi mengalami alterasi. Pada sampel PX 001, dijumpai piropilit, berasosiasi dengan *quartz eye* sekitar 1% yang merupakan ciri utama litologi tufa dasitik. Pada sampel PX 002 dijumpai kuarsa 1% dan alunit 0,3%. Sampel PX 006 terdapat piropilit 0,1% dan alunit 1% mengisi retakan. Dari keempat sampel yang dianalisis tersebut alterasi utama berupa silika, alunit, dan piropilit. Analisis mineragrafi dilakukan terhadap tiga sampel. Referensi yang digunakan dalam analisis mineragrafi ini yaitu: Augustithis (1995), Uytenbogaardt (1971), Parjecus (2008), Parcejus (2015), dan Ineson (1989). Hasil analisis mineragrafi dari sampel permukaan pada daerah penelitian didapati beberapa mineral pirit ($FeS_2$) tersebar pada seluruh sampel yang dianalisis, kalkopirit ($CuFeS_2$) keberadaannya tidak merata, sfalerit (ZnS), enargit ($Cu_3AsS_4$), kovelit (CuS), dan hematit ($Fe_2O_3$) (Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12).



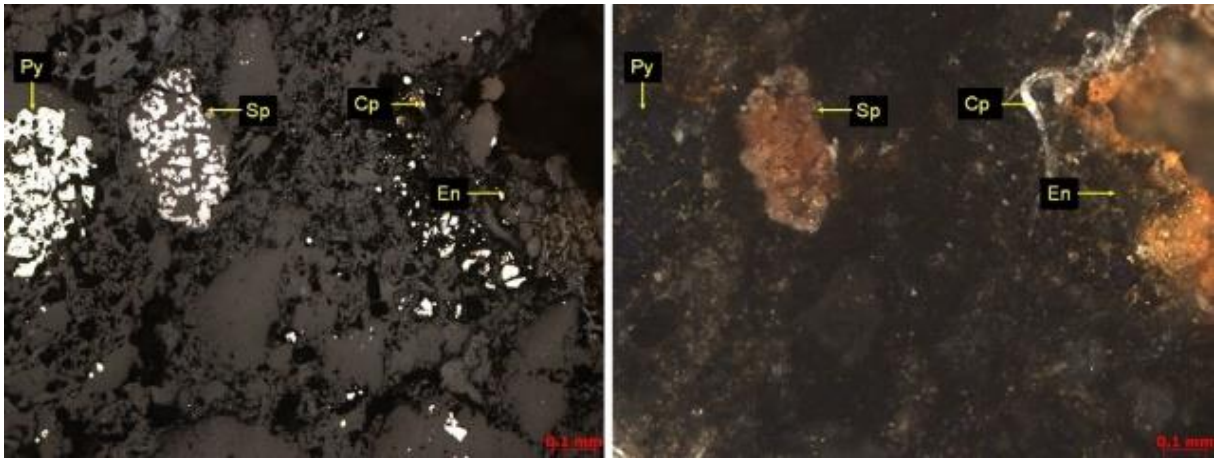

**Gambar 9**. Fotomikrograf Anisotropik sfalerit serta keterdapatan pirit 0,3% yang mengisi rongga pada tubuh batuan dan kalkopirit, posisi nikol sejajar pada sample MX 002 (kiri); Fotomikrograf anisotropik pirit mengisi rongga pada tubuh batuan dijumpai kalkopirit 0,1% dan sfalerit 0,1%, posisi nikol silang pada sample MX 002 (kanan)




**Gambar 10**. Fotomikrograf anisotropik enargit, sfalerit 0,1%, dan kovelit serta dijumpai pirit 0,3%, posisi nikol sejajar pada sample MX 004 (kiri); Fotomikrograf anisotropik pirit serta dijumpai kovelit 0,1% dan enargit 0,1% serta di jumpai asosiasi pirit dengan sfalerit, posisi nikol silang pada sample MX 004 (kanan)




**Gambar 11**. Fotomikrograf anisotropik enargit, sfalerit, dan hematit serta dijumpai pirit 0,1% dan kalkopirit, posisi nikol sejajar pada sample MX 004 (kiri); Fotomikrograf anisotropik pirit serta dijumpai sfalerit 0,1% dan pirit berasosiasi dengan hematit 1% serta keterdapatan mineral kalkopirit 0,1% dan enargit 0,1%, posisi nikol silang pada sample MX 006 (kanan)



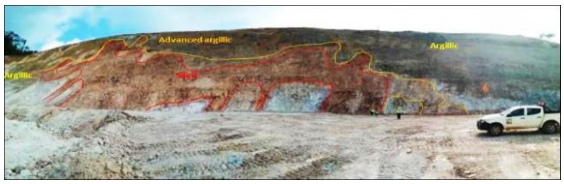

**Gambar 12**. Fotomikrograf anisotropik enargit dan sfalerit serta dijumpai pirit 0,3% dan kalkopirit 0,1%, posisi nikol sejajar pada sample MX 004 (kiri); Fotomikrograf anisotropik pirit serta dijumpai sfalerit 0,3% dan berasosiasi dengan enargit 0,3%, posisi nikol silang pada sample MX 006 (kanan)

## PEMBAHASAN

Hasil pengamatan litologi daerah penelitian, baik dari data permukaan (Gambar 13) maupun hasil pengeboran inti (Gambar 14), diperoleh litologi penyusun terdiri dari breksi hidrotelmal, breksi diatrem, breksi sesar, tufa andesitik, tufa dasitik, breksi tufa dasitik, dan vulkanik andesitik. Dari hasil pengamatan megaskopik dan mikroskopik didapati bahwa daerah penelitian mengalami alterasi kuat yaitu silisifikasi *(*silika *vuggy* dan silika masif*)*, argilik lanjut dibagi menjadi dua jenis yaitu dominan silika *(silica advanced argillic)* dan dominan argilik *(clay advanced argillic)*, lalu pada bagian akhir terdapat argilik, dan propilitik (Gambar 15).

Menurut Corbett and Leach (1998) epitermal sulfidasi tinggi dikontrol oleh litologi dan struktur. Litologi daerah penelitian yang terdiri dari breksi dan breksi tuf menjadi faktor yang intensif proses alterasi berlangsung.

Dari hasil penelitian, alterasi pada daerah X dengan didasarkan pada kandungan silika dan kandungan lempung dikelompokkan menjadi empat tipe alterasi. Alterasi silika *vuggy* dan silika masif (SV dan SM) memiliki *clay content* 0% s.d. 10% dengan silika sebanyak >90%, dan dijumpai himpunan mineral seperti alunit – piropilit – haloisit. Alterasi *silica advanced argillic* (SAA) memiliki kandungan lempung 11% s.d. 25% dengan silika sebanyak 75% s.d. 89%, dan dijumpai himpunan mineral seperti alunit – piropilit – kaolinit – dickit – haloisit. Alterasi *clay advanced argillic* (CAA) memiliki kandungan lempung 25% s.d. 50% dengan silika sebanyak 50% s.d. 75%, dan dijumpai himpunan mineral seperti piropilit – illit - kaolinit – dickit – alunit – haloisit. Alterasi argilik (AR) memiliki kandungan lempung >50% dengan silika sebanyak <50%, dan dijumpai himpunan mineral seperti smektit - illit – kaolinit.




**Gambar 13**. Singkapan alterasi pada *pit* (MGD *Overview*)



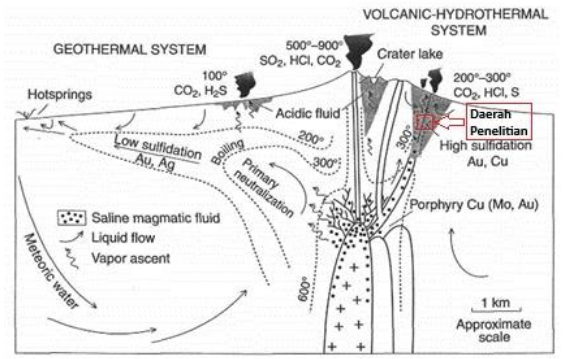

**Gambar 14**. Litologi pada daerah penelitian. (A) Singkapan breksi sesar, (B) Breksi hidrotelmal, (C) Breksi diatrem, (D) *Scree*, (E) Tanah




**Gambar 15**. Alterasi pada daerah penelitian. (A) Silika *Vuggy*, (B) Silika masif, (C) *Silica advanced argillic*, (D) *Clay advanced argillic*, (E) Argilik

Cebakan bijih di daerah penelitian mengandung rata-rata 0,47 g/t Au dan 3,5 g/t Ag. Berdasarkan hasil pengamatan data permukaan, data bawah permukaan, serta hasil analisis petrografi dan mineragrafi, dijumpai juga mineral-mineral silika, piropilit, alunit, dan tekstur silika *vuggy*, dengan mineral-mineral sulfida berupa pirit, kalkopirit, sfalerit, enargit, dan kovelit, maka tipe cebakan daerah penelitian adalah epitermal sulfidasi tinggi. Dengan membandingkan antara karaketeritik cebakan daerah penelitian dan klasifikasi Hedenquist et al., (2000) dapat disimpulkan bahwa tipe cebakan daerah X adalah epitermal sulfidasi tinggi dengan kedalaman menengah.

Daerah penelitian umumnya mengalami oksidasi menengah *(moderate oxide)* sampai dengan oksidasi kuat *(strong oxide)* ditandai dengan hadirnya mineral oksidasi seperti jarosit, gutit, dan hematit. Faktor yang mempengaruhi berkembangnya oksidasi yaitu porositas dan permeabilitas dari batuan, yakni pada batuan breksi terutama breksi diatrem dan breksi sesar mengalami oksidasi lebih intensif.




**Gambar 16**. Posisi daerah penelitian pada diagram model Hedenquist, 2000

Dari hasil penelitian ini tingkat oksidasi pada daerah X dapat dikelompokkan dalam lima tingkat oksidasi yaitu tidak teroksidasi, teroksidasi lemah, teroksidasi sedang, teroksidasi kuat, dan terkosidasi sempurna (Gambar 16). Bijih yang tidak mengalami oksidasi sama sekali (0% oksidasi) disebut juga *unoxidized* (UOX), tingkat oksidasi UOX ini dicirikan dengan dijumpainya banyak mineral logam dengan persentase >1%. Teroksidasi lemah atau *Weak oxidized* (WOX) terjadi pada bijih yang mengalami > 0% s.d. ≤ 30% oksidasi, pada tingkat oksidasi ini dijumpai mineral logam sebanyak 0,5% s.d. <1%. Selanjutnya tingkat teroksidasi sedang atau *moderate oxidized* (MOX) terjadi pada bijih yang mengalami >30% s.d. ≤ 70 % oksidasi, dengan ciri dijumpainya mineral logam sebanyak 0,3% s.d. < 0,5%. Teroksidasi kuat atau s*trong oxidized* (SOX) terjadi pada bijih yang hampir seluruhnya mengalami oksidasi dengan persentase oksidasi > 70% s.d. ≤ 90%, mineral logam yang dapat dijumpai pada tingkat oksidasi ini sebanyak > 0% s.d. < 0,3%. Teroksidasi sempurna atau *Complete oxidized* (COX) terjadi pada bijih yang sudah mengalami oksidasi seluruhnya dengan persentase oksidasi > 90% s.d. ≤ 100 %, pada oksidasi COX ini tidak akan dijumpai lagi mineral logam.




**Gambar 17**. Tingkat oksidasi di daerah penelitian. (A) tidak teroksidasi, (B) teroksidasi lemah, (C) teroksidasi sedang (D) teroksidasi kuat, (E) teroksidasi sempurna

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada daerah X dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Daerah penelitian teralterasi kuat yaitu silika *vuggy,* silika masif*, silica advanced argillic, clay advanced argillic,* argilik, dan propilitik.

- Karakteristik mineralogi pada daerah penelitian ditandai dengan kehadiran emas, perak, pirit, kalkopirit, sfalerit, enargit, kovelit, serta mineral oksida seperti gutit, jarosit, dan hematit.
- Oksidasi berkembang kuat pada zona bijih, maka bijih emas daerah penelitian termasuk bijih tipe oksida.
- Tipe cebakan pada daerah penelitian, berdasarkan aspek litologi, alterasi, asosiasi mineral sulfida, yaitu epitermal sulfidasi tinggi dengan kedalaman menengah *(intermediate).*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Mine Geology Departement* PT J. Resources Bolaang Mongondow yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian, dan kepada Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi yang sudah memberikan kesempatan untuk melaksanakan analisis laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

Adams. A. E, MacKenzie, and C. Guilford., 1984, *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*.

Augustithis, 1995, *Atlas of the Textural Patterns of Ore Minerals and Metallogenic Processes*.

Corbett, G. J., and Leach, T. M., 1998, *Southwest Pacific Rim Gold Copper Systems: Structures, Alteration, and Mineralization*.

Hedenquist. J. W, Arribas. A, Urien. E. G., 2000, *Exploration for epithermal gold deposit. 99 Fifth Avenue, Suite* 420, Ottawa, Ontario K1S 5P5, Canada.

Ineson, P. R., 1989, *Introduction to Practical Ore Microscopy. University of Manchester. British Library Cataloguing in Publication Data*.

Internal JRBM Data, 2020, *Alteration map of ARS Pit, Unpublished, PT J Resources Bolaang Mongondow, Mine Geology Departement Internal Report*.

Kavalieris, I., van T.M Leeuwe, dan Wilson M., 1992, *Geological Setting and Styles of Mineralisation, North Arm of Sulawesi, Indonesia*. J. SE Asian Earth.

Li Linda, 2020, *Equipment Manufacturing & Solutions for Crushing, Grinding, Washing, Drying, Beneficiating*. China.

MacKenzie W. S, A. E. Adams, and K. H. Brodie, 2017, *Rocks and Minerals in Thin Section*. CRC Press/Balkema.

MacKenzie, W. S, C. H. Donaldson, C. Guilford, 1982, *Atlas of Igneous Rocks and Their Texture*.

Parcejus, B., 2008, *The Ore Minerals under The Microscope. First Edition*. Elsevier, Amsterdam.

Parcejus, B., 2015, *The Ore Minerals under The Microscope. Second Edition. Elsevier*, Amsterdam.

Pearson, D. F. and Caira, N.M., 1999, *The Geology and Metallogeny of Central North Sulawesi. In: PACRIM '99 Congress. Australian Institute of Mining and Metallurgy*, 4/99, p.311 - 326.

Thompson, 1996, *Atlas of Alteration, Canada*.

Uytenbogaardt, W. dan Burke, E. A. J., 1971, *Table for the Microscopic Identification of Ore Minerals. Elsevier Scientific Publishing Company*, New York.

Van Leeuwen, T. M. dan Muhardjo, 2005, *Stratigraphy and Tectonic Setting of the Cretaceous and Palaeogene Volcanic–Sedimentary successions in Northwest Sulawesi, Indonesia: Implications for the Cenozoic evolution of Western and Northern Sulawesi*. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, p. 481 - 511.

Yardley, B. W. D, W. S. MacKenzie, and C. Guilford, 1990, *Atlas of metamorphic rocks and their textures*.

Diterima : 16 Oktober 2023
Direvisi : 29 April 2024
Disetujui : 19 Mei 2024

# KETERDAPATAN DAN GENESA CEBAKAN BIJIH BESI DAERAH KAPAYANG, KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN

## *THE OCCURENCES AND GENETIC OF IRON ORE DEPOSITS IN KAPAYANG, TANAH BUMBU REGENCY, SOUTH KALIMANTAN*

**Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo**
Pusat Riset Sumber Daya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
bamb075@brin.go.id
DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.471

**ABSTRAK**

Keterdapatan mineralisasi besi di bagian hulu Sungai Kusan, Kapayang, Kabupaten Tanah Bumbu bersifat indikatif yang memerlukan penelitian lanjutan untuk mengungkap karakteristik dan potensi cebakan bijihnya. Penelitian dilakukan menggunakan metode pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan, bijih besi dan tanah laterit serta pendulangan konsentrat material bijih besi yang digerus. Analisis laboratorium meliputi petrografi, mineragrafi, mineralogi butir dan geokimia. Bijih besi di daerah penelitian terdiri dari dua tipe cebakan yaitu besi primer dan besi laterit yang genesanya berhubungan dengan proses magmatisme, metamorfosis/metasomatik dan hidrotermal. Mineral bijih besi primer dalam batuan dunit terserpentinisasi didominasi magnetit dan hematit yang berasosiasi dengan kromit hasil dari proses magmatisme dan hidrotermal. Magnetit dalam batuan sekis/gneis berasosiasi dengan garnet dan pirit hasil dari proses metasomatik Mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan gutit merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Potensi target eksplorasi besi laterit 158.264 wmt yang mempunyai kandungan $Fe_{total}$ berkisar antara 49,45 s.d. 54,89%. Kegiatan eksplorasi geokimia tanah selanjutnya disarankan dengan metode kisi dan pengambilan sampel menggunakan bor tangan pada zona lateritisasi untuk mendapatkan potensi sumber daya yang lebih optimal.

**Kata kunci**: besi laterit, Kapayang, hematit, dunit, sekis

**ABSTRACT**

*The occurences of iron mineralisation in upper part of Kusan River, Kapayang, Regency of Tanah Bumbu are still indicative and required more research to reveal the characteristic and potency of iron ore deposits. The research was conducted with reconnaissance survey using methode of geological mapping, sampling of rock, iron ore, lateritic soil, and panning concentrate of crushed ore material. The laboratory analyses involve petrographic, mineragraphic, grain mineralogy and geochemical assay. Iron ore in the research area consist of two deposit type are primary iron and lateritic iron. The genetic is related to procces of magmatism, metamorphism/metasomatic and hydrothermal. The primary iron ore mineral in altered dunite and gneiss-schist rocks are dominated by magnetite and hematite, some chromite and garnet. While in lateritic iron as resulted from weathering of pyroxenite-peridotite rock consist of hematite magnetite and goetit. Potency of exploration target of lateritic iron is 158,264 wmt and the grade of $Fe_{tot}$ ranging from 49.45 to 54.89%. Grid soil geochemical exploration is suggested for follow up work using hand auger to collect soil sample in laterisation zone to obtain more optimize reource potency.*

***Keywords**: lateritic iron, Kapayang, hematite, dunite, schist*

## PENDAHULUAN

Bijih besi di daerah Kalimantan Selatan sangat potensial untuk dieksploitasi oleh karena jaraknya yang dekat dengan pelabuhan. Beberapa cebakan bijih besi seperti di daerah Kukusan sudah dimanfaatkan untuk pembangunan infrastruktur jalan sedangkan yang di Pulau Sebuku sudah dilakukan ekspor oleh PT. Sebuku Iron Lateritic Ores (SILO) sejak tahun 2005. Bijih besi daerah Kukusan terdiri dari *lump ore* dan *clay ore* dengan kandungan masing-masing 47,1% Fe dan 45,8% Fe (Sulistijo, 2006). Sebanyak 121 IUP - OP telah diterbitkan di Kalimantan Selatan, salah satu diantaranya adalah PT. SILO yang mengolah konsentrat besi menjadi *sponge ferro alloy* (DJMB, 2021). Di daerah sekitar Kampung Bali, Pulau Sebuku yang saat ini ditambang oleh PT Silo (Idrus et. al., 2022) dengan morfologi bergelombang, dipengaruhi kuat oleh proses pelapukan dan supergen menghasilkan lapisan tanah tebal, membentuk endapan ekonomis besi laterit.

Potensi bijih besi di Kalimantan Selatan terdiri dari dua tipe cebakan yaitu besi primer dan besi laterit. Besi laterit umumnya mempunyai sebaran yang lebih luas dibandingkan besi primer. Potensi cebakan besi primer yang terdapat di Propinsi Kalimantan Selatan mempunyai total sumber daya sebanyak 45.000.000 wmt dan total cadangan 36.000.000 wmt. Sedangkan untuk endapan besi laterit mempunyai total sumber daya sebanyak 585.000.000 wmt dan total cadangannya mencapai 444.000.000 wmt (PSDMBP, 2022). Keterdapatan besi laterit di Kabupaten Tanah Bumbu masih terbatas potensinya, yakni tersebar di Kecamatan Batulicin antara lain di Kukusan, S. Duma, Kayangan dan P. Suwangi. Sedangkan di wilayah Kecamatan Kusan Hulu keterdapatannya masih berupa indikasi, diperoleh dari hasil survey tinjau oleh PT. Andalan Tiga Berjaya (Pardiarto dan Widodo, 2006). Oleh sebab itu, masih memerlukan penyelidikan lebih lanjut untuk mengungkap besaran potensinya. Penelitian yang dilakukan di Sungai Kusan Hulu, Desa Kapayang, Kecamatan Kusan, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan mempunyai tujuan untuk mengetahui tipe cebakan, genesa dan jenis mineral, serta potensi bijih besi di daerah penelitian, sehingga data potensi yang diperoleh ini bisa bermanfaat untuk pengembangan selanjutnya.

## METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan meliputi pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan dan tanah serta pendulangan konsentrat dari material bijih besi yang telah digerus. Sedangkan analisa laboratorium terdiri dari petrografi, mineragrafi, mineralogi butir dan geokimia yang dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Bandung. Analisa geokimia menggunakan metoda AAS, unsur yang dianalisis yaitu Fe , Ni, dan Cr. Estimasi potensi sumber daya dilakukan pada zona lateritisasi yang menunjukkan adanya kandungan besi. Estimasi sumber daya mengacu pada SNI 4726 : 2021 menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Potensi sumber daya} = L \times t \times \rho \times K$$

Asumsi dan variabel yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:
- Luas zona potensi (L) adalah luas zona yang memiliki gejala lateritisasi dalam satuan $m^2$
- Nilai ketebalan (t) mengacu pada ketebalan rerata tanah laterit dalam satuan m.
- Massa jenis ($\rho$) mengacu pada massa jenis tanah laterit dalam satuan ton/$m^3$
- Kadar (K) didapatkan berdasarkan hasil analisis geokimia menggunakan metoda AAS pada sampel bijih besi yang diperoleh dari tanah laterit dalam satuan %.

## GEOLOGI

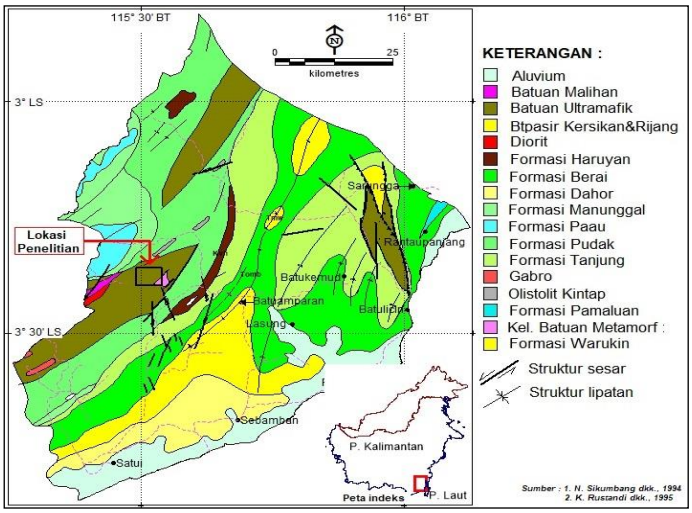
Berdasarkan peta geologi regional Lembar Kota Baru, Kalimantan sekala 1: 250.000 (Rustandi, dkk., 1995) daerah Kabupaten

Tanah Bumbu secara tektonik posisinya menempati cekungan Barito dari sistem fisiografi pegunungan Meratus yang membentang timurlaut - baratdaya. Kegiatan tektonik daerah ini diduga telah dimulai sejak zaman Jura yang mengakibatkan bercampurnya batuan ultrabasa (harzburgit, peridotit, serpentinit dan gabro), batuan sekis garnet ampibolit dan batupasir terkersikkan (Gambar 1). Aktifitas vulkanik Kapur Bawah-Atas menghasilkan beberapa formasi batuan, yaitu: Formasi Haruyan (lava basaltik, berstruktur aliran), Formasi Pitab (perselingan batupasir, lanau, batu lempung, breksi polimik, rijang, batu gamping dan lava basalt), Formasi Batununggal (batu gamping kelabu kehitaman). Aktifitas magma menghasilkan batuan granitik yang disebut Batang Alai Granit dan batuan granodiorit, sedangkan aktifitas magma Kapur Akhir menghasilkan intrusi diorit yang menerobos Formasi Pitab. Secara tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier diendapkan batuan sedimen Tersier dari Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor dan endapan aluvial.

Struktur lipatan berupa antiklin di sepanjang pegunungan Meratus dengan sumbu berarah tenggara - baratlaut, sejajar dengan struktur ini terdapat sesar naik berarah baratdaya - timurlaut miring ke arah baratlaut yang dimulai dari selatan Pleihari ke arah timur hingga ke Sungai Sampanahan. Berdasarkan data geofisika antiklinorium Meratus – Samarinda kemiringan sumbu berarah umum utara dan dari struktur regional zona patahan serta jurus batuan secara umum dapat dibagi menjadi tiga blok yaitu blok utara, tengah dan selatan (Heryanto, dkk., 1994).

Blok utara telah mengalami pengangkatan pada sayap sebelah barat antiklinorium di sepanjang utara zona sesar yang disebut sebagai zona sesar Tanjung. Blok tengah terletak antara zona sesar Tanjung dan zona Sesar Klumpang yang dicirikan oleh munculnya batuan intrusif granitik dan batuan ultrabasa sepanjang zona sesar. Sedangkan blok selatan dicirikan oleh perkembangan yang luas dari sesar yang berarah timur laut yang dikontrol oleh komplek batuan intrusif diorit dan ultrabasa.

Sejumlah sesar berarah tenggara - baratlaut yang berasosiasi dengan endapan magnetit di wilayah Pleihari dapat diamati di daerah ini dan munculnya sistem sesar yang berpotongan dari semua blok di atas memberikan potensi untuk melokalisir endapan bijih magnetit yang potensial di daerah ini. Di daerah Tanah Bumbu struktur geologi dijumpai berupa antiklin dan sinklin berarah hampir utara –selatan, serta struktur sesar turun dan sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya.

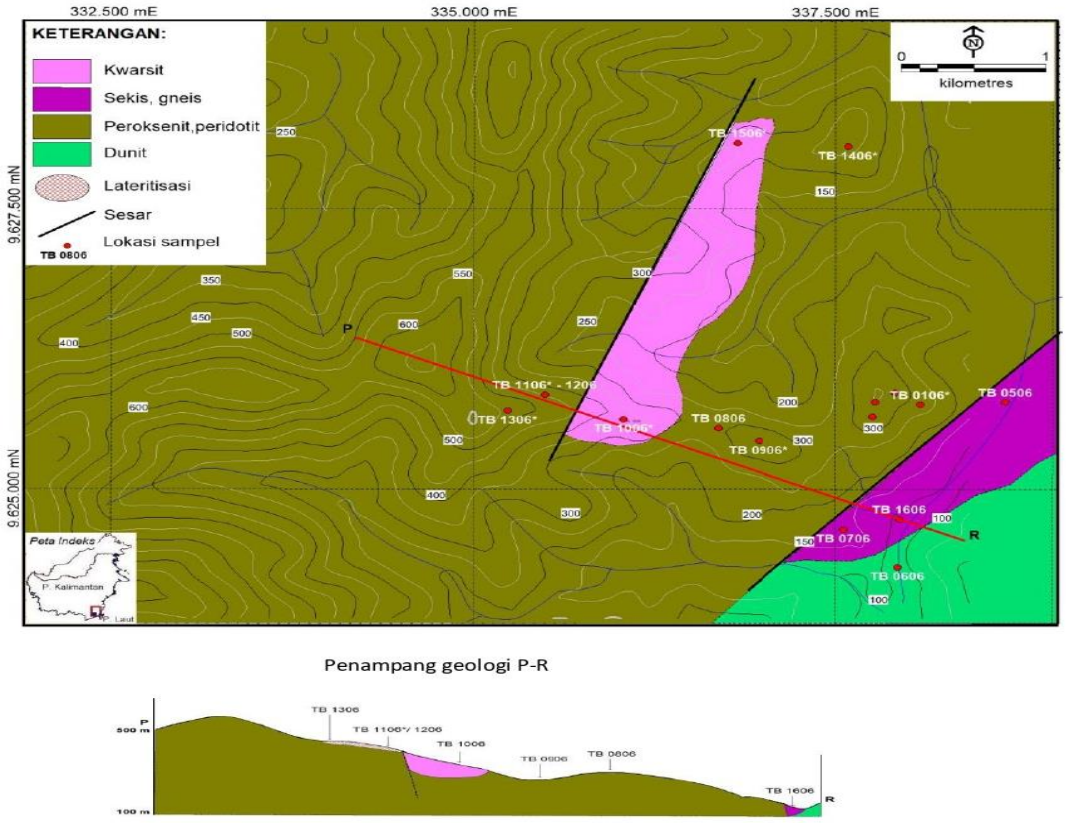



**Gambar 1**. Peta Geologi Regional Kabupaten Tanah Bumbu (Rustandi, dkk., 1995)

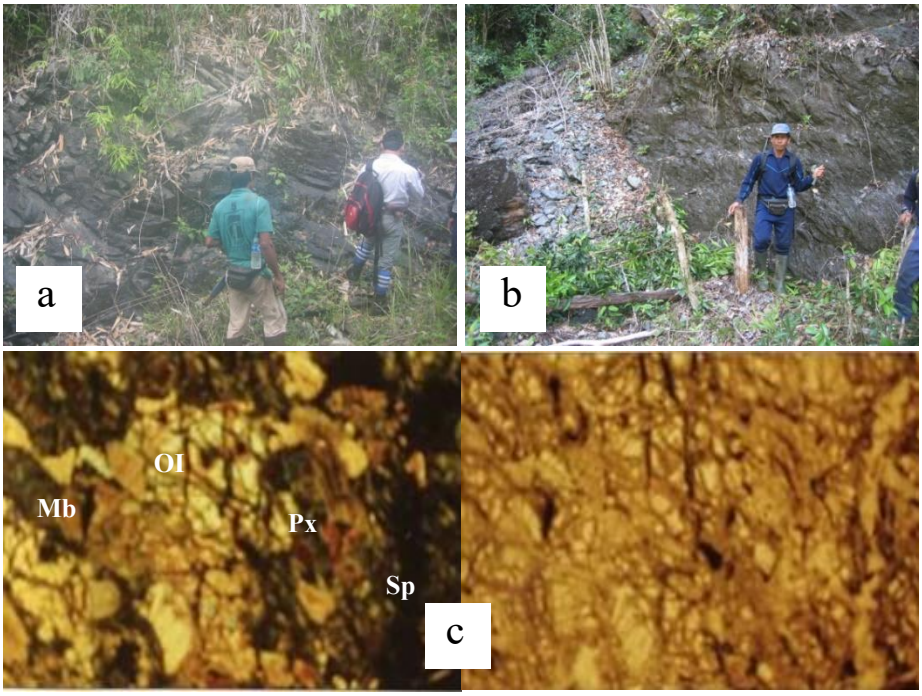
Litologi di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi empat satuan batuan, yaitu satuan dunit, satuan piroksenit-peridotit, satuan kwarsit dan satuan sekis-gneis. Keempat satuan batuan tersebut diduga berumur Jura (Rustandi, dkk., 1995). Sebaran satuan batuan terlihat pada Gambar 2.

Satuan dunit merupakan batuan yang paling tua umurnya dibandingkan dengan satuan batuan lainnya. Dunit di daerah penelitian berwarna hijau kehitaman, terdapat foliasi mineral olivin sebagai akibat adanya pengaruh tektonik (Gambar 3a). Secara fisik terkekarkan sehingga mengakibatkan serpentinisasi dan bersifat magnetik kuat. Mineral magnetit dapat teramati secara megaskopis berupa urat-urat halus *(stringer)* dan lensa-lensa tipis berlapis. Batuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan satuan gneis-sekis. Dari pengamatan petrografi batuan dunit (sampel TB 0606) telah terubah dengan tekstur holokristalin, berbutir halus – sedang dengan bentuk butir subhedral - euhedral, hipidiomorfic granular dengan rekahan-rekahan terisi serpentin (Gambar 3c). Komposisi mineralnya terdiri dari olivin (50%), piroksin (8%), serpentin (41%) dan mineral bijih (1%).

Sebaran batuan piroksenit- peridotit menempati secara dominan yang tersingkap di daerah Bukit Belah pada lokasi TB 0806. Secara megaskopis batuan berwarna kelabu-kehijauan dengan gejala serpentinisasi sangat kuat, namun tidak memperlihatkan sifat kemagnitan yang berarti. Batuan ini tampak telah mengalami gejala struktur yang terlihat adanya zona gerusan dan terkekarkan kuat (Gambar 3b). Di daerah puncak perbukitan batuan piroksenit-peridotit umumnya telah mengalami pelapukan sangat kuat, sehingga pada beberapa daerah yang topografinya relatif datar terbentuk lapisan tanah leteritik di bagian atasnya seperti yang dijumpai pada lokasi TB 1106 dan TB 1306.




**Gambar 2**. Peta Geologi Daerah Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu



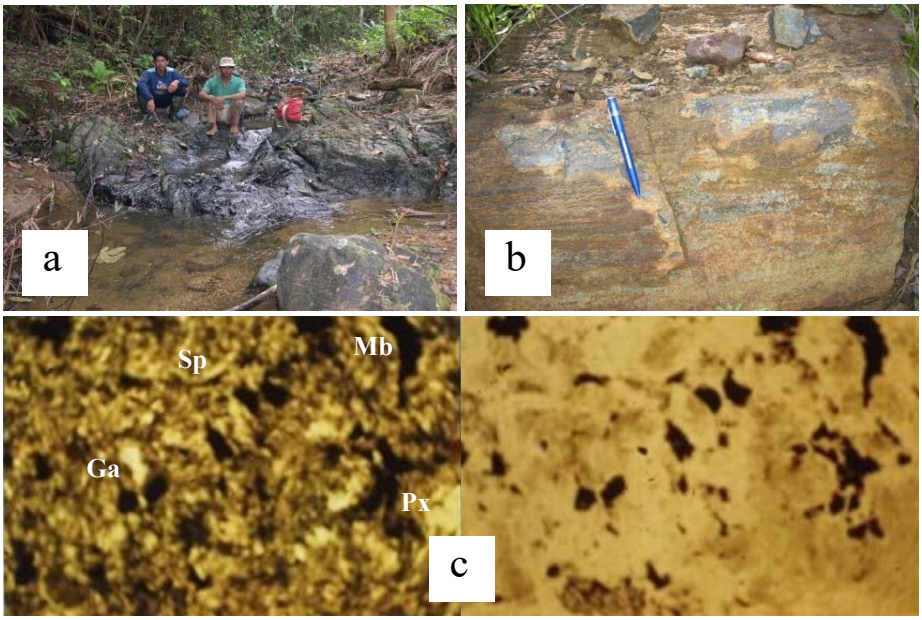

**Gambar 3**. (a) Singkapan batuan dunit terserpentinisasi di S. Kusan (lokasi TB 0606). (b) Singkapan piroksenit-peridotit dengan gejala serpentinisasi kuat di daerah Bukit Belah (lokasi TB 0806). (c) Foto mikrograf sayatan tipis batuan dunit (sampel TB 0606), memperlihatkan butiran olivin yang mengalami hancuran melalui retakan kecil yang terisi serpentin. Mineral olivin (Ol), piroksin (Px), serpentin (Sp) dan mineral bijih (Mb). Perbesaran 40x

Satuan gneis-sekis berwarna hijau kehitaman, bertekstur gneisose sampai sekistose, kadang terlihat perlapisan mineral magnetit. Satuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan batuan ultrabasa. Di cabang kiri Sungai Kusan ditemukan singkapan batuan sekis, berwarna hijau kehitaman, memperlihatkan struktur foliasi, mengalami gejala struktur dengan serpentinisasi di beberapa tempat. Secara fisik menunjukkan sifat kemagnitan yang tinggi seperti pada lokasi TB 1606 (Gambar 4a). Sedangkan pada cabang kiri S. Kusan pada lokasi TB 0506 ditemukan *subcrop* batuan gneis yang memperlihatkan tekstur berlapis dengan sifat kemagnitan sangat tinggi (Gambar 4b).

Dari pengamatan petrografi batuan sekis telah terubah dan menunjukkan tekstur sekistose, hematoblastik dengan butir halus, bentuk butir *hypidioblast*, struktur foliasi granular dengan mineral piroksin terserpentinisasi bertekstur bastit (Gambar 4c). Pada beberapa piroksin terdapat inklusi mineral bijih. Komposisi mineralnya terdiri dari piroksin (30%), serpentin (63%), garnet (3%) dan mineral bijih (4%).

Satuan batuan kwarsit menempati bagian tengah dimana sebarannya dibatasi oleh struktur sesar berarah baratdaya - timurlaut yang diapit oleh kelompok batuan ultrabasa. Batuan berwarna putih kecoklatan, kristalin, butir kasar dengan beberapa rekahan terisi oleh limonit/oksida besi seperti yang dijumpai pada lokasi TB 1006 dan TB 1506.

Struktur umum yang dijumpai di daerah penelitian berupa patahan berarah baratdaya – timurlaut yang merupakan kontak struktur antara satuan gneis-sekis dengan batuan ultrabasa, sedangkan kekar-kekar pada zona gerusan (*sheared*) dan foliasi berkembang pada batuan sekis dan gneis.




**Gambar 4**. (a) Singkapan sekis di cabang kiri S. Kusan mempunyai sifat kemagnitan tinggi (lokasi TB 1606). (b) *Subcrop* gneis, struktur gneisose dengan perlapisan magnetit (lokasi TB. 0506). (c) Foto mikrograf sayatan tipis batuan sekis (sampel TB 1606) dengan tekstur sekistose dan struktur foliasi granular dengan mineral piroksin terserpentinisasi bertekstur bastit. Piroksin (Px), serpentin (Sp), garnet (Ga) dan mineral bijih (Mb). Perbesaran 40x

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mineralisasi

Mineralisasi bijih besi dijumpai di daerah penelitian terdiri atas dua jenis yaitu tipe primer dan tipe laterit. Bijih besi primer terdapat dalam batuan gneis – sekis dan batuan dunit, sedangkan besi laterit terdapat dalam tanah hasil pelapukan batuan piroksenit-peridotit. Sebanyak 17 sampel batuan dan bijih besi dilakukan analisis geokimia meliputi unsur Fe, Ni dan Cr (Tabel 1).

Mineralisasi besi dalam dunit terubah (sampel TB 0606) dari pemeriksaan mineragrafi menunjukkan adanya mineral kromit (1%), magnetit (5%) dan ilmenit (1%). Beberapa mineral kromit di*replace* oleh magnetit, sedangkan magnetit umumnya mengisi retakan dan berupa *veinlets* memanjang (Gambar 5a). Beberapa mineral ilmenit tumbuh bersama dengan magnetit. Genesa besi – kromit dalam batuan ini berasosiasi dengan proses magmatisme yang diikuti oleh proses tektonik dimana muncul retakan-retakan kecil. Kemudian disusul oleh proses hidrotermal yang membentuk serpentinisasi diikuti oleh pengisian hematit pada rekahan-rekahan. Hasil analisa geokimia menunjukkan kandungan 4,99% $Fe_{tot}$, 0,19% Ni, dan 0, 14% $Cr_2O_3$.

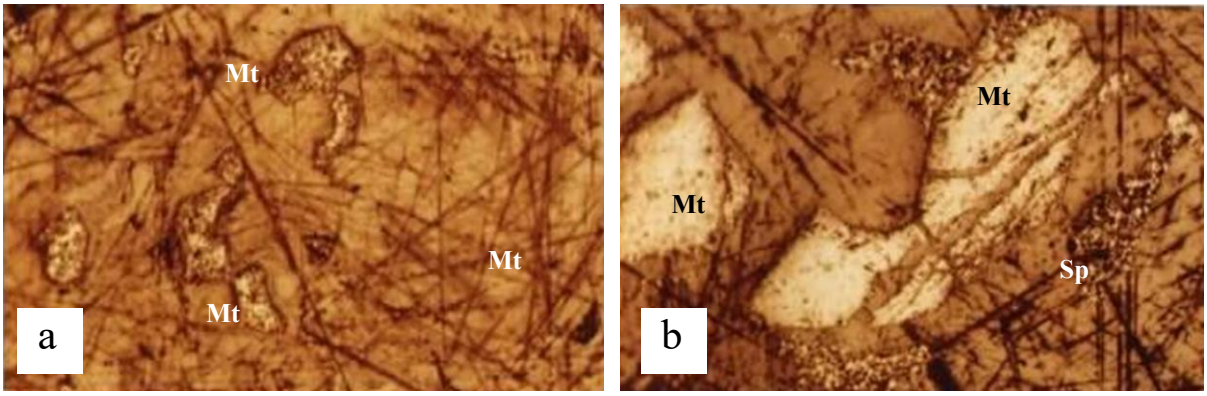
Pengamatan mineralisasi besi primer pada batuan gneis menunjukkan adanya kandungan magnetit seperti yang dijumpai pada lokasi TB 0506. Keterdapatan magnetit berupa lapisan tipis terlihat agak sejajar mengikuti foliasi gneis. Sifat kemagnetan batuan sangat tinggi saat dilakukan pengetesan menggunakan *magnetic pen*. Dari pemeriksaan mineragrafi (sampel TB 0506) teridentifikasi adanya magnetit dan ilmenit dan oksida besi yang menyebar dalam *gangue* mineral klorit (Gambar 5b). Mineral bijih mengisi retakan dan sejajar dengan bidang foliasi. Komposisi mineralnya adalah magnetit (35%), ilmenit (3%), hematit (10%) dan oksida besi (1%).

Genesa bijih besi diperkirakan sebagai hasil proses metasomatik yang terkena gejala tektonik dengan munculnya *veinlets* terisi oleh magnetit. Selain itu bijih besi terbentuk bersama-sama dengan pembentukan batuan, kemudian disusul oleh proses pelapukan yang menghasilkan magnetit berpori dan oksida besi. Dari analisa geokimia menunjukkan kandungan 9,60% $Fe_{tot}$, 1800 ppm Ni, dan 0,322% $Cr_2O_3$.

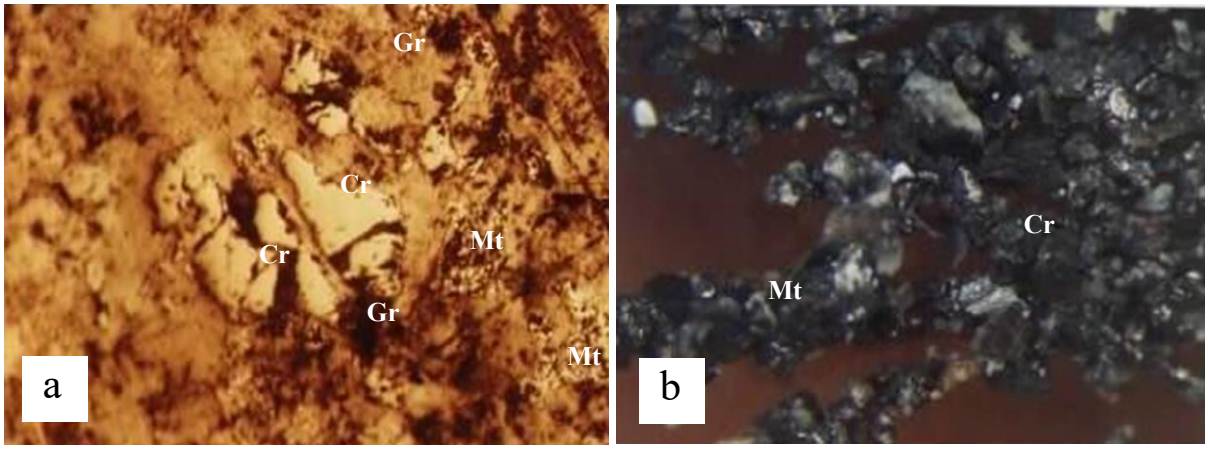
Sedangkan mineralisasi besi dalam sekis (lokasi TB 1606) dari pemeriksaan mineragrafi menunjukkan adanya mineral kromit (2%), magnetit (29%), garnet (3%) dan hematit (3%). Beberapa mineral kromit di*reflace* oleh magnetit, sedangkan magnetit umumnya mengisi urat-urat halus yang sejajar dan juga berupa serabut memanjang (Gambar 6a). Terdapat magnetit yang membungkus *gangue* mineral dan sebagian tumbuh bersama dengan hematit. Beberapa mineral hematit berupa serabut-serabut halus mengelompok bersama magnetit. Mineral garnet hadir sebagai *gangue* mineral yang menjadi petunjuk genesa yang berhubungan dengan proses metasomatik. Di dalam garnet dijumpai pula inklusi magnetit. Genesa bijih besi – kromit dalam batuan ini berasosiasi dengan proses metasomatik dengan hadirnya garnet yang diikuti oleh proses hidrotermal yang dicirikan oleh mineral serpentin dan terjadinya *replacement* magnetit oleh hematit. Hasil analisa geokimia menunjukkan kandungan 16,75% $Fe_{tot}$, 0,05% Ni dan 0.11% $Cr_2O_3$.

**Tabel 1**. Analisis geokimia sampel batuan (metoda AAS)

| No sampel | $Fe_{tot}$ (%) | Ni (%) | $Cr_2O_3$ (%) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|
| TB 0106 | - | - | - | Limonit, frag. peridotit |
| TB 0206 | 4,09 | 0,054 | 0,313 | Gosan/Fe oksida |
| TB 0306 A | - | - | - | Limonit, frag. hem/gutit |
| TB 0306 | 49,45 | 0,222 | 1,176 | Bongkah hematit/gutit |
| TB 0406 | 3,94 | 0,060 | 0,336 | Peridotit, serpentinisasi |
| TB 0506 | 9,60 | 0,180 | 0,032 | Genis, magnetik kuat |
| TB 0606 | 4,99 | 0,194 | 0,145 | Dunit - terubah, magnetik lemah |
| TB 0706 | 4,83 | 0,210 | 0,309 | Sekis-klorit, mag. lemah |
| TB 0806 | 5,06 | 0,216 | 0,234 | Peridotit, serpentinisasi |
| TB 0906 | 10,91 | 0,018 | 0,041 | Limonit, frag. peridotit |
| TB 1006 | 3,28 | 0,005 | 0,016 | Limonit, fragmen silika |
| TB 1106 | 48,56 | 0,452 | 0,906 | Limonit, frag. hem/gutit |
| TB 1206 | 54,89 | 0,300 | 1,103 | Bongkah hematit/gutit |
| TB 1306 | 48,29 | 0,494 | 1,081 | Limonit, frag. hem/gutit |
| TB 1406 | 44,89 | 0,346 | 0,429 | Limonit, frag. hem/gutit |
| TB 1506 | 2,87 | 0,004 | 0,013 | Limonit, fragmen silika |
| TB 1606 | 16,75 | 0,054 | 0,109 | Sekis piroks, mag. kuat |



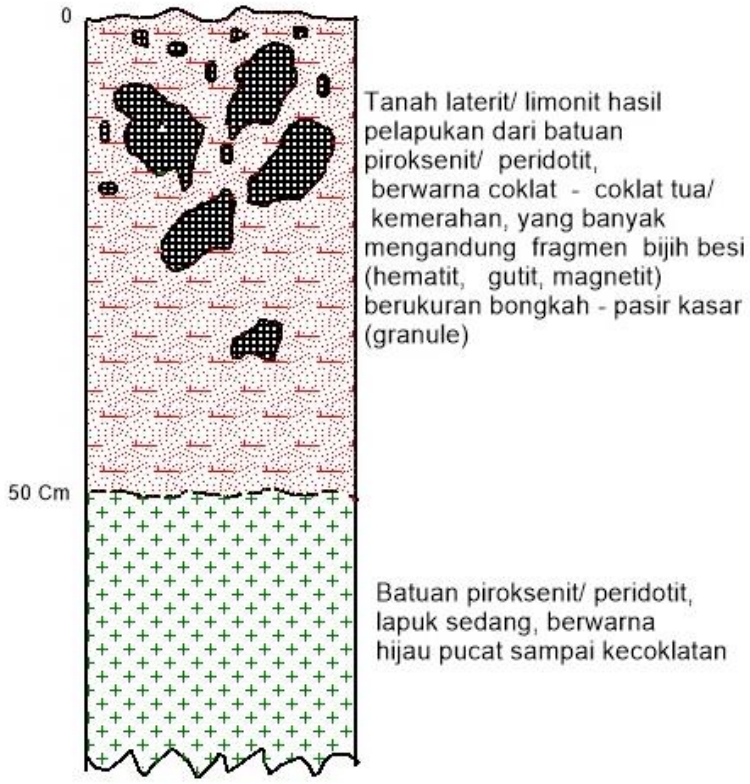

**Gambar 5**. (a) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi dalam dunit (sampel TB 0606) memperlihatkan relik-relik magnetit dengan pori-pori halus (Mt) dan retakan terisi serpentin (Sp). (b) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi dalam gneis (sampel TB 0506) memperlihatkan mineral magnetit subhedral (Mt) dan relik-relik magnetit dengan pori-pori halus (Mt) dan retakan terisi serpentin (Sp). Perbesaran 50x.




**Gambar 6**. (a) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi (sampel TB 1606) memperlihatkan hancuran tekstur kataklastik dan kromit bentuk subhedral (Cr) dan magnetit (Mt) dan garnet (Gr). Perbesaran 50x. (b) Fotomikrograf konsentrat dari gerusan bijih besi dalam batuan dunit (sampel TB 0606) memperlihatkan ilmenit (Il) dominan dan kromit (Cr).

Pemeriksaan mineralogi butir dari sampel bijih besi pada batuan dunit TB 0606 (Gambar 6b) yang digerus menunjukkan beberapa mineral antara lain magnetit (8,3%), Ilmenit (7,95%), kromit (trace), rutil (trace), oksida besi (trace), piroksin (47,5%), zircon (6,8%) dan fragmen batuan (28,95%).

Endapan besi laterit sebarannya menempati pada bagian puncak perbukitan yang kemiringannya relatif datar atau kurang dari 10%. Umumnya endapan besi ini berhubungan erat dengan proses pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Oleh karena kemiringan lereng relatif kecil, maka dari pengaruh air tanah dan cuaca mengakibatkan proses pelapukan berjalan intensif. Akibatnya terbentuk tanah lateritik/limonit yang kadang-kadang masih mengandung bongkahan bijih besi berupa hematit/gutit/magnetit dengan ukuran bongkah – pasir kasar (*granule*). Tanah lateritik umumnya berwarna coklat – kehitaman dengan ketebalan tanah bervariasi antara 10 s.d 50 cm. Sebaran tanah laterit secara lateral tidak luas, karena mengikuti sebaran luas puncak perbukitannya. Di daerah ini telah teridentifikasi adanya tiga zona lateritik yaitu Zona A, Zona B dan Zona C (Gambar 2). Secara umum sketsa profil laterit ditunjukkan pada Gambar 7.




**Gambar 7**. Sketsa profil laterit di daerah penelitian

**Zona A:** Pada daerah ini zona lateritik berada pada puncak perbukitan di daerah sekitar Bukit Belah dimana masih banyak terlihat bongkah-bongkah bijih besi berukuran 5 s.d 20 cm (Gambar 8a). Luas zona lateritik sekitar 117.900 $m^2$, dengan ketebalan tanah laterit berkisar 10 s.d 50 cm dan prosentase bongkahan diperkirakan kurang dari 2%. Bijih besi terdiri dari hematit, gutit dan magnetit. Di daerah ini proses pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit menghasilkan tanah laterit yang berwarna coklat tua. Hasil analisa geokimia sampel batuan nomor TB 1206 menunjukkan kandungan 54,89% $Fe_{tot}$; 0,3 % Ni dan 1,10 % $Cr_2O_3$. Sedangkan dari sampel tanah laterit (sampel TB. 1106) yang diambil pada lokasi yang sama dengan lokasi bongkahan ini menunjukkan kandungan 48,56% $Fe_{tot}$ : 0,45 % Ni dan 0,90 % $Cr_2O_3$.

**Zona B:** Pada daerah puncak perbukitan bagian utara terdapat zona lateritik dengan luas sebaran sekitar 143.800 $m^2$ dan ketebalan tanah laterit berkisar antara 15 s.d 50 cm. Pada permukaan tanahnya masih terlihat kumpulan dari bijih besi berukuran *granule* berupa hematit dan gutit pada lokasi TB 1408 (Gambar 8b). Hasil analisa geokimia sampel TB 1408 menunjukkan kandungan 44,69 % $Fe_{tot}$, 0,34 % Ni dan 0,42 % $Cr_2O_3$.

**Zona C:** Zona laterit ini berada pada lokasi perbukitan yang terletak di sebelah timur zona A dan sebelah selatan zona B pada lokasi TB 0306. Pada permukaan tanah laterit terlihat bongkahan bijih besi berdiameter 10 s.d 20 cm, berwarna coklat kehitaman. Luas tanah laterit sekitar 3.458 $m^2$ dengan ketebalan tanah berkisar antara 15 s.d 25 cm. Bongkahan bijih besi berupa hematit dan gutit dengan prosentase dibawah 2% dari luas sebaran tanah lateritnya (Gambar 8c). Hasil analisa geokimia bongkah bijih besi menunjukkan kandungan 49,45% $Fe_{tot}$, 0, 22% Ni dan 1,17% $Cr_2O_3$.




**Gambar 8**. (a) Bongkahan bijih besi pada zona lateritik A berupa hematit/gutit/magnetit di daerah Bukit Belah lokasi TB. 1206. (b) Fragmen bijih besi berupa hematit/gutit berukuran *granule* pada zona laterit B lokasi TB 1408. (c) Bongkahan bijih besi berupa hematit/ goetit pada zona lateritik C lokasi TB. 0306.

Secara geomorfologi lokasi endapan bijih besi primer yang ditemukan di daerah menempati relatif pada bagian bawah, sedangkan besi laterit menempati daerah puncak dari sebagian perbukitan pada kondisi lereng yang relatif landai.

**Potensi Target Eksplorasi**

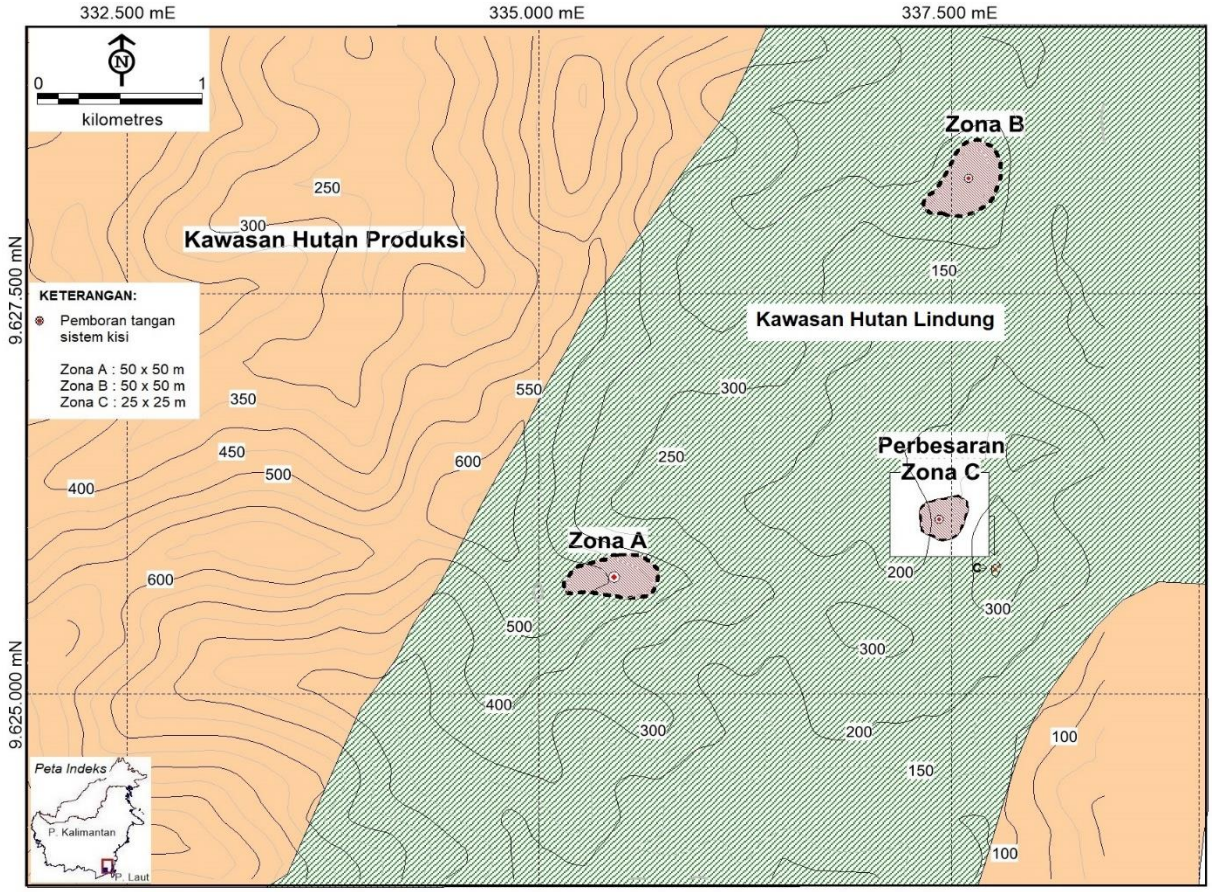
Endapan besi laterit yang ditandai oleh tanah berwarna kemerahan (*lateritic soil*) merupakan hasil pelapukan batuan piroksenit-peridotit yang keberadaannya disertai dengan adanya kumpulan fragmen bijih besi berupa hematit/gutit/magnetit berukuran bongkah – pasir kasar. Pada peta geologi (Gambar 2), dari tiga lokasi zona lateritisasi yang ditemukan masing-masing mempunyai luas sebaran 117.900 $m^2$ (Zona A), 143.800 $m^2$ (Zona B) dan 3.458 $m^2$ (zona C). Total luas zona lateritisasi seluruhnya adalah 265.158 $m^2$ dengan ketebalan rerata 0,5 m. Hasil analisa geokimia tanah lateritik menunjukkan kisaran kandungan 44,69 s.d. 49,45% $Fe_{total}$ atau rerata 47,75% $Fe_{total}$. Berdasarkan asumsi massa jenis ($\rho$) tanah laterit 2,5 ton/$m^3$ (Muzaidi, dkk., 2023), maka estimasi sumber daya dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

Sumber daya (wmt) = Luas ($m^2$) x tebal (m) x $\rho$ (ton/$m^3$) x kadar rerata $Fe_{tot}$ (%)

Maka untuk masing-masing zona lateritisasi mempunyai sumber daya sebagai berikut :

Zona A : (117.900 x 0,5 x 2,5 x 47,75) = 70.371 wmt
Zona B : (143.800 x 0,5 x 2,5 x 47,75) = 85.830 wmt
Zona C : (3.458 x 0,5 x 2,5 x 47,75) = 2.063 wmt
Jumlah = 158.264 wmt

Dalam SNI 6606 : 2001 klasifikasi potensi termasuk sumber daya hipotetik, namun mengacu pada Kode KCMI 2011 dalam SNI 4726 : 2019 sumber daya hipotetik ditiadakan. Sebagai gantinya dipakai istilah yang disesuaikan dengan praktek industri (CRIRSCO), sehingga sumber daya hipotetik diidentikan dengan target eksplorasi (Ernowo, 2020). Jadi potensi target eksplorasi bijih besi lateritik di daerah penelitian sebesar 158.264 wmt. Kegiatan lanjutan dari hasil deliniasi zona lateritisasi yang telah dipetakan disarankan untuk melakukan kegiatan eksplorasi geokimia tanah dengan metoda kisi yang diikuti dengan pengambilan sampel tanah menggunakan bor tangan, agar supaya memperoleh ketebalan tanah laterit yang maksimal. Eskplorasi geokimia tanah dilakukan pada Zona A dan Zona B dengan interval pengeboran 50m x 50 m, sedangkan pada Zona C interval pengeboran 25m x 25 m (Gambar 9). Pemetaan zona lateritisasi yang belum terpetakan juga perlu dilakukan. Dengan demikian perolehan nilai sumber daya akan lebih optimal.




**Gambar 9**. Peta usulan eksplorasi metode pemboran tangan di daerah Kusan Hulu

**Genesa**

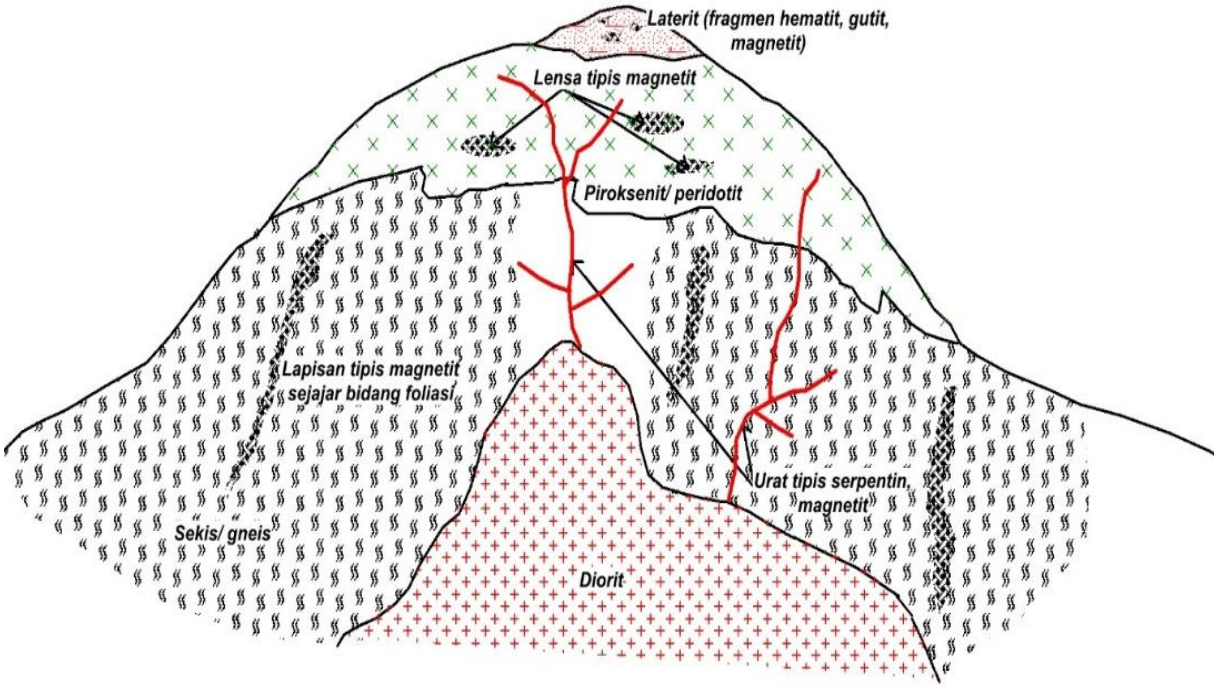
Secara umum cebakan besi yang terdapat di daerah penelitian terdiri dari dua tipe yaitu bijih besi primer dan besi laterit. Bijih besi primer yang terdiri dari magnetit, hematit, dan kromit terdapat dalam batuan dunit terubah dan gneis-sekis dimana secara fisik batuan menunjukkan sifat kemagnitan yang relatif kuat. Sedangkan bijih besi laterit yang terdiri dari hematit dan gutit terdapat dalam tanah lateritik hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Dari kedua tipe tersebut yang mempunyai kandungan besi lebih tinggi adalah bijih besi tipe laterit .

Genesa cebakan besi primer berhubungan erat dengan adanya proses serpentinisasi batuan dunit, kemudian terjadinya tektonik yang kuat mengakibatkan batuan dunit terganggu yang kenampakan dari hasil pemeriksaan mineragrafi terlihat banyak magnetit mengisi pada retakan-retakan sebagaimana terlihat pada sampel TB. 0606 (Gambar 5a). Pembentukan bijih besi dalam batuan dunit di daerah penelitian menyerupai keterjadian magnetit dalam batuan ultrabasa (harzburgit – dunit) yang terserpentinisasi kuat di daerah Latowu, Sulawesi dimana olivin dan piroksin terubah menjadi serpentin sebagaimana hasil penelitian oleh Sufriadin,dkk., (2021). Pembentukan oksida besi terutama magnetit selama serpentinisasi batuan ultra basa mungkin berasal dari oksidasi besi *ferrous* ($Fe^{2+}$) ke besi *ferric* ($Fe^{3+}$) dalam olivin dan/piroksin (Huang, et.al., 2017). Beberapa kemungkinan reaksi dikemukakan terkait pembentukan magnetit selama proses serpentinisasi dalam batuan ultrabasa. Pada lingkungan temperatur rendah (50-300$^{o}$C) produk paling banyak adalah lizardit (Evans, et.al., 2010). Hidrasi olivin adalah proses utama dalam batuan ultrabasa yang membentuk serpentin, brucit, magnetit dan hidrogen melalui beberapa reaksi berikut ini (Collon, et.al., 2020) :

Olivin + $H_2O$ ==➔ lizardit + magnetit + brucit + $H_2$
Olivin + $H_2O$ + $O_2$ ==➔ serpentin + brucit + magnetit

Sedangkan cebakan besi dalam batuan metamorf di daerah penelitian diakibatkan adanya gejala tektonik pada batuan ultrabasa, sehingga mengalami proses metamorfosa/metasomatik dan terbentuk batuan geneis dan sekis yang dicirikan oleh hadirnya mineral garnet sebagai penciri dari proses metamorfosis/metasomatik derajat sedang. Aktifitas hidrotermal merupakan proses paling akhir yang menyertai proses metamorfosis/ metasomatik, dimana dicirikan oleh munculnya mineral alterasi berupa serpentin dan rekahan-rekahan terisi oleh kwarsa yang disusul pengisian hematit berupa *veinlets* memotong foliasi pada batuan sekis dan terkadang diikuti munculnya pirit. Dari analisa geokimia pada sampel batuan sekis (TB 0706) dan gneis (TB 0506) masing-masing juga terdeteksi adanya kandungan Ni dan Cr. Dalam kaitan ini Nadoll et.al (2014) menyatakan bahwa sebagai pembeda unsur utama Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, dan Ga umumnya hadir terdeteksi dan memperlihatkan variasi sistematik yang dapat digunakan sebagai petunjuk genesa magnetit pada cebakan bijih hidrotermal. Proses hidrotermal di daerah penelitian kemungkinan diakibatkan oleh suatu intrusi batuan diorit yang tidak tersingkap. Namun secara regional terdapat suatu tubuh batuan intrusi diorit yang cukup luas yaitu di sebelah barat daya daerah penelitian. Interpretasi model skematik genesa bijih besi di daerah penelitian digambarkan sebagai berikut (Gambar 10).

Endapan bijih besi tipe laterit di daerah penelitian yang merupakan endapan residu hasil dari proses pelapukan batuan peridotit-piroksenit yang mengalami dekomposisi, pengendapan kembali dan konsentrasi secara kimiawi**.** Bijih besi tipe laterit umumnya terdapat di daerah puncak perbukitan yang landai dengan kondisi kemiringan lereng dibawah 10%, sehingga menyebabkan proses pelapukan secara kimiawi akan lebih besar dari pada proses mekanik.




**Gambar 10**. Model skematik genesa bijih besi daerah penelitian (tanpa skala)

Batuan ultrabasa sumber terbentuknya endapan bijih besi laterit. Mineral-mineral olivin dan piroksen mengandung unsur besi dominan terdapat dalam batuan ini. Mineral olivin merupakan mineral silikat besi dan magnesium yang relatif mudah mengalami pelapukan, terutama pelapukan kimia. Pada saat proses pelapukan terjadi permukaan air tanah naik, sehingga garam-garam besi yang larut ke dalam air tanah diubah menjadi besi fero hidroksida. Pada waktu musim kemarau terjadi penurunan air tanah sehingga besi feri hidroksida tertinggal di permukaan, kemudian bereaksi dengan oksigen dari udara dan air permukaan. Akhirnya ferro hidroksida diubah menjadi ferri hidroksida yang lebih stabil (Evans, 1993). Ferri hidroksida ini dikenal sebagai limonit yang umumnya berwarna coklat kekuningan dan mengendap dipermukaan. Gambaran reaksi kimianya sebagai berikut:

$Fe^{++} + 2OH^{-} \Longrightarrow Fe(OH)_2$ (besi ferro hidroksida)
$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \Longrightarrow 4Fe\ OH_3$ (limonit/besi ferri hidroksida)

Struktur dan pembentukan tanah laterit dipengaruhi oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Umumnya profil lengkap dari atas ke bawah adalah sebagai berikut: zona limonit, zona pelindian (*leaching zone*) dan zona saprolit yang terletak di atas batuan asalnya (ultrabasa). Zona pelindian yang terdapat di antara zona limonit di bagian atas dan zona saprolit di bawahnya ini hanya ada jika aliran air tanah lambat sampai pada kondisi saturasi yang diinginkan untuk membentuk endapan bijih. Pengendapan ini dapat terbentuk di daerah beriklim tropis dengan musim kering yang lama. Ketebalan zona ini sangat bervasiasi dan tergantung dari fluktuasi air tanah akibat perbedaan musim kemarau dan musim penghujan. Di samping itu juga tergantung pada rekahan-rekahan yang terdapat di zona saprolit serta permeabilitas pada zona limonit. Derajat serpentinisasi batuan asal laterit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana peridotit-piroksenit yang sedikit terserpentinisasikan akan memberikan zona saprolit dengan inti batuan sisa yang keras, sedangkan serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen.

Akibat fluktuasi ini air tanah yang kaya $CO_2$ akan kontak dengan saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti serpentin dan piroksin. Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali. Unsur-unsur yang tertinggal seperti Fe, Al, Mn, CO, dan Ni di zona limonit terikat sebagai mineral-mineral oksida/hidroksida seperti limonit, hematit, gutit, manganit dan lain-lain. Akibat pengurangan dari unsur-unsur Mg dan Si yang sangat besar tersebut, maka zona saprolit yang masih banyak mengandung bongkah-bongkah batuan asal akan menyusut. Sehingga kadar relatif unsur-unsur residu di zona laterit bawah akan naik sampai 10 kali. Pengayaan $Fe_2O_3$ sampai lebih dari 72% dan *chrom- spinel* relatif naik sampai sekitar 5%.

Fakta yang ditemukan di daerah penelitian menunjang terhadap penjelasan tersebut dimana pada daerah laterit Zona A, Zona B, dan Zona C, masih banyak ditemukan bongkahan dari bijih besi berupa hematit, magnetit dan gutit. Dari hasil analisis geokimia tanah laterit maupun bijih besi menunjukkan kandungan $Fe_2O_3$ di atas 63% dan ada peningkatan kandungan $Cr_2O_3$ hingga mencapai 1,1 %Mi.

## KESIMPULAN

Bijih besi di daerah penelitian terdiri dari dua tipe yaitu besi primer dan besi laterit yang proses pembentukannya berhubungan dengan proses magmatisme, kemudian diikuti dengan metamorfosis/metasomatik dan akhirnya disusul proses hidrotermal yang diperkirakan akibat intrusi batuan dioritik.

Jenis mineral bijih besi primer dalam batuan dunit terserpentinisasi didominasi magnetit dan hematit yang berasosiasi

dengan kromit hasil dari proses magmatisme dan hidrotermal. Magnetit juga terbentuk dalam batuan sekis/gneis yang berasosiasi dengan garnet dan pirit hasil dari proses metasomatik. Sedangkan mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan gutit yang merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit.

Potensi target eksplorasi bijih besi laterit di daerah penelitian sebesar 158.264 wmt dan kandungan $Fe_{total}$ berkisar antara 49,45 s.d. 54,89%. Disarankan kegiatan lanjutan melakukan eksplorasi geokimia tanah dengan metode kisi dan menggunakan bor tangan pada zona lateritisasi untuk mendapatkan nilai sumber daya yang optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Andalan Tiga Berjaya yang telah mengizinkan penggunaan data untuk keperluan publikasi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Collon, Mc., Klein, F., Mackowitz, B., Barque, T.S., Bech, W., Templeton, A.S., 2020. Hydrogene generation and iron partitioning during experimental serpentinization of an olivine – pyroxene mixture, Geochemica et Cosmochemica Acta, vol. 282, pp 55-75.

DJMB, 2021. Grand Strategy Mineral dan Batubara: Arah pengembangan hulu hilir mineral utama dan batubara menuju Indonesia maju, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (DJMB), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Ernowo, 2020, Peran Badan Geologi dalam inventarisasi dan *discovery* sumber daya mineral, FGD: Tantangan dan strategi Badan Geologi di dalam melaksanakan tugas penelitian, penyelidikan dan pelayanan bidang mineral, Bandung 17 November 2020.

Evans, A.M., 1993. Ore geology and industrial minerals. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 390 pp.

Evans, B.W, 2010., Lizardite versus antigorite serpentine: magnetite hydrogen, and life (?), Geology, vol. 38, pp. 879-882.

Heryanto R., Supriatna S., Rustandi E dan Baharudin, 1994. Peta Geologi Lembar Sampahan, Kalimantan Selatan, sekala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Huang, R., Lin, C.T., Sun, W., Ding, X., Zhen, W., Zhio, J., 2017. The production of iron oxide during peridotite serpentinization: Influence of pyroxene, Geoscience Frontier, vol. 8, pp. 1311-1321.

Idrus, A., Zaccarini, F., Garuti, G., Wijaya, I.G.N.K., Swamidharma, Y.C.A. and Buer, C., 2022, Orogin of Podiform Chromitites in the Sebuku Island Opholilite (South Kalimantan, Indonesia): Constraints from Chromite Composition and PGE Mineralogy, Minerals 2022, 12, 974.

Muzaidi, I., Fitriansyah, M., Anggraini, F., Hardiani, D.P., 2023. Karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah laterit yang distabilisasi menggunakan beberapa jenis pasir Kalimantan, Buletin Profesi Insinyur 6(1) 038-044.

Nadoll, P., Angerer, T., Mauk, J.L., French, D., Walshe, J., 2014. The chemistry of hydrothermal magnetite : A Review, Ore Geology Reviews 61 ; 1-32.

Pardiarto, B., dan Widodo, W., 2006. Laporan survey tinjau endapan bijih besi daerah Sungai Kusan, Kecamatan Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, PT. Andalan Tiga Berjaya (tidak dipublikasikan).

PSDMBP, 2022. Neraca sumber daya dan cadangan mineral, batubara dan panas bumi tahun 2022, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) Badan Geologi-Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Rustandi E, Nila E.S, Sanyoto, P and Margono V, 1995. Peta geologi lembar Kotabaru, Kalimantan skala 1 : 250.000, Puslitbang Geologi, Bandung.

Sikumbang, N, dan Heryanto, R, 1994. Peta Geologi lembar Banjarmasin, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000, Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi, Bandung.

Sufriadin, Sri Widodo, Meinerni Thamrin, Akane Ito, Tsubana Otake, 2021. The Latowu ultramafic rock-hosted iron mineralization in the Southeastern Arm Sulawesi, Indonesia : Characteristic, origine and implication for beneficiation, International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, vol. 11 no 3.

Sulistijo, B., Indriati, T., and Andrianto, D.K., 2006. The characteristic of lateritic iron ore in Kalimantan, Procceding 9th International Symposium on Mineral Exploration, Aula Barat ITB, Bandung, Indonesia, September 19-21, 2006.

Diterima : 5 April 2024
Direvisi : 24 April 2024
Disetujui : 19 Mei 2024

# KARAKTERISITIK ENDAPAN POLIMETALIK EMAS DAN LOGAM DASAR DAERAH DOLOK PANGKURUHAN, KECAMATAN PEGAGAN HILIR, KABUPATEN DAIRI, PROVINSI SUMATERA UTARA

## *CHARACTERISTICS OF POLYMETALLIC GOLD AND BASE METAL DEPOSITS DOLOK PANGKURUHAN AREA, PEGAGAN HILIR DISTRICT, DAIRI REGENCY, NORTH SUMATRA PROVINCE*

**Iwan Nursahan[1], Juan Aprilio Rafael L. P.[2], Prima M. Hilman[1], dan Aton Patonah[2]**
[1]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi Badan Geologi
[2]Jurusan Teknik Geologi, Universitas Padjajaran
nursahaniwan@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.480

**ABSTRAK**

Beberapa kegiatan penyelidikan terdahulu di daerah Dolok Pangkuruhan, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara telah menemukan beberapa lokasi mineralisasi emas dan logam dasar. Tulisan ini membahas terkait karakteristik alterasi dan mineralisasi emas dan logam dasar berdasarkan hasil penyelidikan tahun 2023 dengan tujuan untuk menentukan karakteristik alterasi dan mineralisasi serta model tipe endapannya. Metoda penelitian yang digunakan meliputi pemetaan geologi semi rinci, alterasi dan mineralisasi, analisis XRD, spektral, mineragrafi, serta analisis inklusi fluida. Alterasi yang berkembang terdiri dari : argilik, argilik lanjut, filik-pirit dan filik-silisifikasi. Mineralisasi terdapat empat tipe: a. Urat Au-galena (Dolok Pangkuruhan) yang dicirikan adanya *native gold* dan tekstur urat bentuk kristalin dan *colloform*; b. Mineralisasi galena, sfalerit (Aek Sulfi), dengan ciri tekstur masif dan *banded*; c. urat kuarsa-silisifikasi-sfalerit-galena (Sungai Sembilin); d. urat kuarsa-bornit-kalkopirit (Sungai Sikiring-kiring). Hasil analisis inklusi fluida diinterpretasikan sebagai endapan epitermal dengan temperatur pembentukan mineralisasi berkisar 240ºC s.d. 346ºC. Berdasarkan analisis sekwen paragenesa dapat diinterpretasikan karakteristik mineralisasi sebagai model endapan polimetalik (Au-Pb dan Zn-Pb-Cu) tipe urat epitermal sulfida menengah – tinggi.

**Kata kunci**: Mineralisasi, polimetalik, tipe urat, *epithermal*, sulfida menengah-tinggi

***ABSTRAK***

*Several previous investigative activities in the Dolok Pangkuruhan area, Dairi Regency, North Sumatra Province have discovered several locations of gold and base metal mineralization. This article discusses the characteristics of alteration and mineralization of gold and base metals based on the results of investigations in 2023 with the aim of determining the characteristics of alteration and mineralization as well as a deposit type model. The research methods used include semi-detailed geological mapping, alteration and mineralization, XRD analysis, spectral analysis, mineralography, and fluid inclusion analysis. The alteration that develops consists of: argillic, advanced argillic, phyllic-pyrite and phyllic-silicification. There are four types of mineralization: a. Au-galena veins (Dolok Pangkuruhan) which are characterized by the presence of native gold and crystalline and colloform vein textures; b. Galena mineralization, sphalerite (Aek Sulfi), with massive and banded texture characteristics; c. quartz-silicification-sphalerite-galena vein (Sembilin River); d. quartz-bornite-chalcopyrite vein (Sikiring- kiring River). The results of fluid inclusion analysis are interpreted as epithermal deposits with mineralization formation temperatures ranging from 240°C – 346°C. Based on*

*paragenetic sequence analysis, the mineralization characteristics can be interpreted as a model of polymetallic deposits (Au-Pb and Zn-Pb-Cu) of medium - high sulphide epithermal vein type.*

**Keywords**: Mineralization, polymetallic, vein type, epithermal, intermediate-high sulphidation

## PENDAHULUAN

Survei tinjau potensi emas dan logam dasar di Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara pertama kali dilakukan pada akhir tahun 1997 oleh Herald Resources, secara regional daerah Sopokomil tersusun atas formasi sedimen berumur Permo Karbon (PT Dairi Prima Mineral, Herald Resources Ltd, 1998). Mineralisasi logam dasar ditemukan berupa tipe sulfida masif (Pb-Zn) di daerah Lae Sopokomil, yang dikenal sebagai tipe *SEDEX* (*Sedimentary Exhalation*, menurut Lydon,1996, after Carne & Cathro 1982).

Stratigrafi regional daerah Kabupaten Dairi mengacu kepada Peta Geologi Lembar Sidikalang skala 1: 250.000 oleh Aldiss, dkk.,1983) terdiri dari formasi - formasi berumur Paleozoik hingga Kuarter yang sebagian besar merupakan hasil aktivitas vulkanik dan juga hasil proses metamorfisme. Formasi Kluet tersusun atas batupasir metakuarsa, *metawacke*, serpih, filit berumur Permo Karbon memiliki sebaran yang luas di daerah penyelidikan. Selain itu juga dijumpai Formasi Tufa Toba (Qtv) berumur Plistosen.

Berdasarkan laporan penyelidikan emas dan logam dasar di Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi yang dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) Tahun 2017 (Hatta, dkk., 2017), perlu ditindaklanjuti dengan salah satunya adalah penentuan karakteristik alterasi dan mineralisasi emas dan logam dasar di daerah bagian timur laut Bukit Dolok Pangkuruhan Desa Kuta Usang. Hasil penyelidikan terdahulu menunjukkan yang berkembang berupa alterasi filik (illit-serisit), filik-pirit (illit-serisit-pirit), dan argilik. Indikasi mineralisasi yang ditemukan berupa pirit-sfalerit-kalkopirit dan emas pada urat kuarsa, yang dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: (1) urat kuarsa teroksidasi (2) urat kuarsa kalsedonik pirit dan (3) urat kuarsa masif sejajar foliasi. Kadar Au pada urat kuarsa cukup signifikan, yaitu: 1,42 ppm s.d 2,122 ppm Au dan 1196 ppm s.d. 5179 ppm Pb.

Dalam rangka penentuan karakteristik alterasi dan mineralisasi tersebut pada tahun 2023 dilakukan penelitian geologi secara rinci. Adapun tujuan penelitian ini untuk menentukan karakteristik alterasi dan mineralisasi serta tipe endapan emas dan logam dasar di daerah Dolok Pangkuruhan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi model endapan mineralisasi di daerah penelitian.

## METODA PENELITIAN

Metoda penelitian yang dilakukan meliputi pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi semi rinci dengan skala 1: 10.000 s.d. 1: 5000. Pengambilan sampel batuan dengan metoda *grab* dan *channeling* dilakukan untuk mengetahui ekstensi atau kemenerusan jalur mineralisasi terutama pada zona urat kuarsa di daerah timur laut Dolok Pangkuruhan.

Metoda analisis laboratorium yang digunakan meliputi: analisis petrografi, analisis mineragrafi, analisis spektral, analisis XRD kuantitatif, dan analisis inklusi fluida yang dilakukan pada laboratorium fisika dan kimia PSDMBP. Penentuan model tipe endapan berdasarkan evaluasi dari data alterasi dan mineralisasi, analisis inklusi fluida serta sekwen paragenesa mineral bijihnya.

## HASIL dan PEMBAHASAN

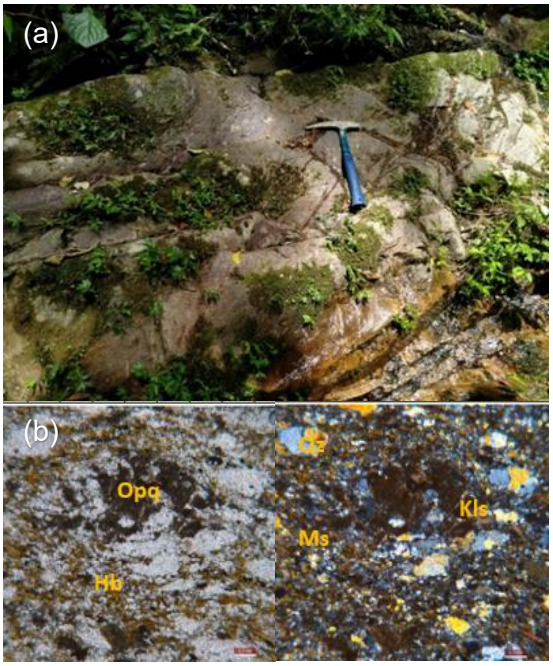
### Geologi daerah penelitian
### Stratigrafi

Stratigrafi daerah Dolok Pangkuruhan tersusun atas 3 satuan batuan dari umur

tua sampai muda yaitu Satuan Filit, Satuan Meta Batupasir, dan Satuan Tufa Lithik.

**Satuan Filit** dijumpai di Sungai Sembilin, ciri litologi, warna abu-abu tua kehitaman, keputihan, komposisi piroksen, plagioklas, afanitik, berfoliasi lemah (filit), terkekarkan kuat, arah kekar relatif timur laut (N 30 E). Hasil analisis petrografi menunjukkan struktur filitik, tekstur xenoblastik (Gambar 1a dan Gambar 1b).

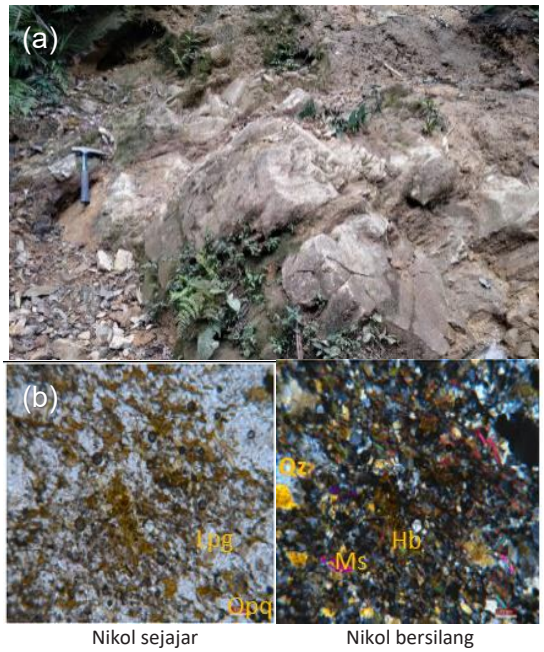
Penyebaran satuan filit ke arah timur lereng Sungai Sembilin. Sesuai kesamaan litologinya satuan ini disetarakan dengan Satuan Filit Formasi Kluet yang berumur Permo-Karbon (Aldiss, dkk.,1983).




**Gambar 1**. (a). Filit abu-abu, mengandung piroksen, plagioklas, berfoliasi, filitik, terkekarkan SDK 23M27 R Sungai Sembilin; (b). Fotomikrograf batuan Filit struktur filitik, tekstur xenoblastik, mengandung mineral kuarsa (Qz), muskovit (Ms), horblenda (Hb), Kalsit(Kls) dan opak (Opq)

**Satuan Meta Batupasir** dijumpai di Sungai Aek Tuba sampai dengan Sungai Aek Sulfi serta sepanjang lereng sungai dan perbukitan menuju Aek Sulfi. Ciri litologi satuan ini kenampakan warna coklat tua kekuningan, pasir-lanau-termetakan, butiran membundar hingga menyudut tanggung, kompak, terfoliasi sangat lemah, filitik, terkekarkan kuat, teralterasi kuat, serisitik, tersilisifikasi, termineralisasi pirit, sfalerit dan galena yang tersingkap di Sungai Aek Tuba dan Aek Sulfi (Gambar 2a). Penyebaran Meta Batupasir ini juga dijumpai di hulu Sungai Aek Sulfi di bagian timur laut Dolok Pangkuruhan lokasi SDK23M021R (Gambar 2b).

Berdasarkan ciri litologinya satuan Meta Batupasir ini dapat disetarakan dengan Anggota Meta Batupasir - Formasi Kluet yang berumur Permo-Karbon (Aldiss, dkk.,1983). Hubungan Satuan Meta Batupasir dengan Filit diinterpretasikan selaras.




**Gambar 2**. (a). Meta Batupasir teralterasi, tersilisifikasi, terkekarkan, terfoliasi (SDK23021R); (b). Fotomikrograf Meta Batupasir tekstur klastik terubah filik-silisifikasi mengandung kuarsa (Qz) 47%, muskovit (Ms) 15%, horblenda (Hb) 25%, lempung (Lpg) 5%

**Satuan Tufa Litik** ini tersingkap di bagian tenggara daerah penyelidikan di hilir sungai Aek Tuba, berwarna kuning keputihan, ukuran butir pasir kasar-kerikil, mengandung fragmen litik batuan, batu apung, tekstur piroklastik, gelas dan tuf. Satuan ini dapat disetarakan dengan

Formasi Tufa Toba yang berumur Plistosen (Aldiss, dkk., 1983). Hubungan satuan batuan ini dengan satuan Filit dan Satuan Meta Batupasir Formasi Kluet adalah menumpang secara tidak selaras di atas Formasi Kluet.

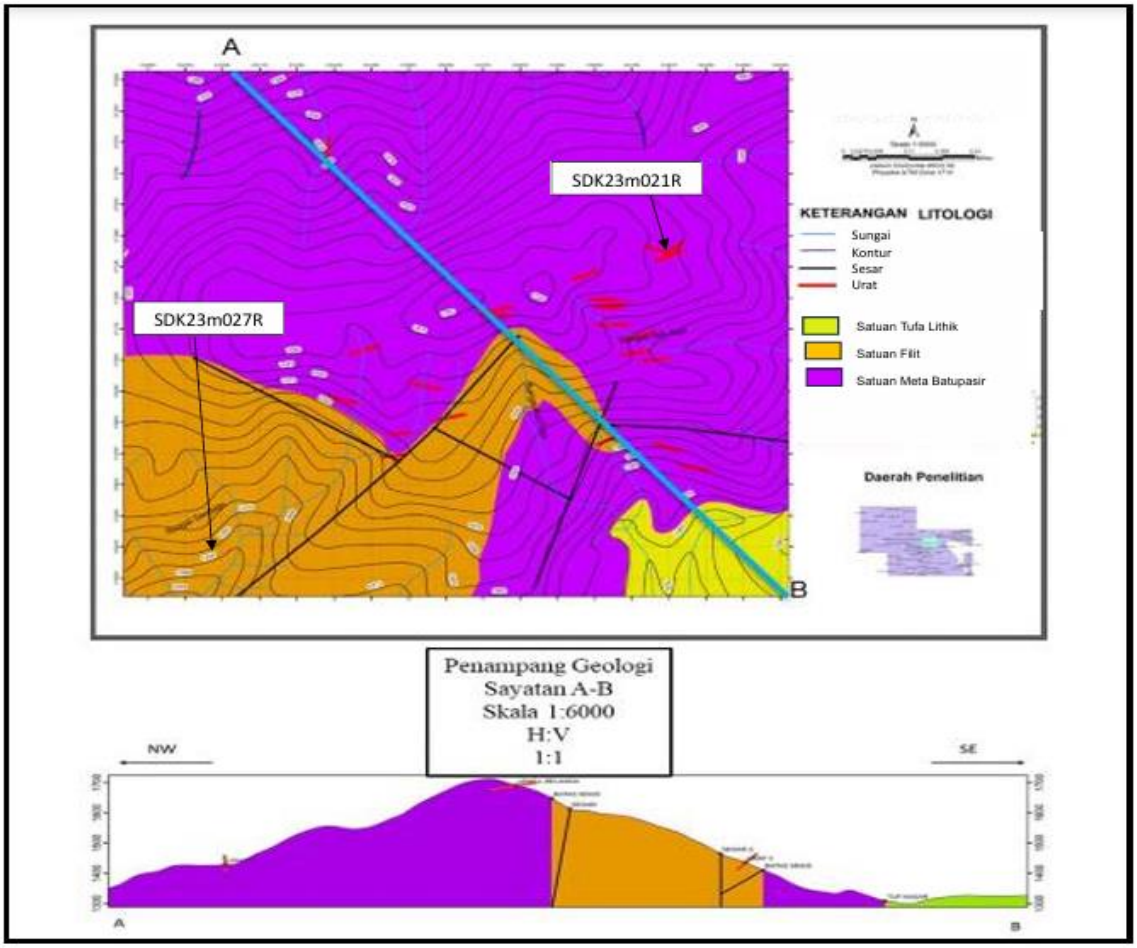
**Struktur geologi**

Struktur geologi yang dijumpai berupa zona kekar pada singkapan batuan, bidang rekahan, morfologi gawir sesar dan air terjun serta kelurusan sungai sebagai indikasi adanya sesar di daerah penelitian. Air terjun dengan arah gawir N 70ºE dijumpai di hulu Sungai Sembilin. Zona rekahan dijumpai dengan arah umum N 55º E, N 45º E.

Berdasarkan kelurusan morfologi, gawir dan interpretasi dari *Digital Elevation Model* (DEM), maka struktur geologi daerah penelitian yang berkembang yakni: sesar geser mengiri dengan arah jurus sesar berarah relatif timur laut – barat daya. Sesar geser mengiri ini merupakan sesar utama yang mengeser batas satuan batuan yang ada.

Selain sesar geser mengiri juga dijumpai sesar turun yang berarah relatif barat – timur dan barat laut-tenggara berlokasi di lereng Bukit Dolok Pangkuruhan sebelah utara dan lereng sebelah Selatan.

Struktur geologi tersebut juga menjadi batas zona ubahan batuan, dengan sesar geser mengiri sebagai sesar utama yang menjadi jalan masuk larutan fluida hidrotermal pembawa mineralisasi, sedangkan sesar yang berarah barat-timur mengontrol pembentukan urat-urat kuarsa yang termineralisasi. Peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.




**Gambar 3**. Peta Geologi Daerah Bukit Dolok Pangkuruhan, Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara. (Dzil, dkk, 2023)

## Alterasi dan Mineralisasi

### Alterasi

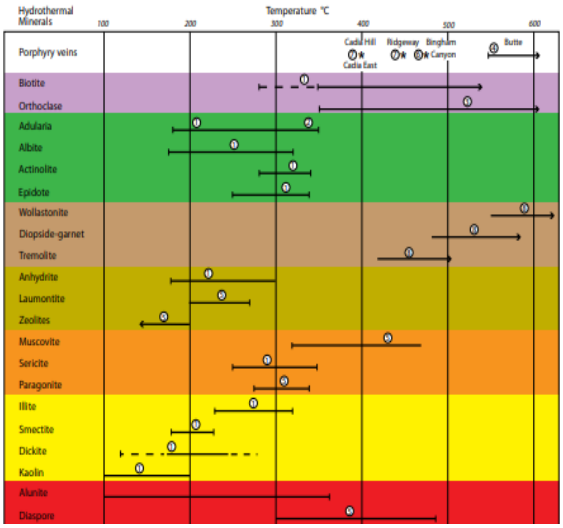
Penentuan jenis alterasi dilakukan sesuai hasil analisis spektral dari 15 sampel batuan teralterasi, dan 9 sampel untuk analisis XRD kuantitatif. Dalam pembahasan alterasi pada tulisan ini dilakukan secara terpilh, yaitu hasil analisis spektral pada sampel SDK23M002R dan SDK23M005R, serta analisis XRD kuantitatif yang dilakukan secara selektif dan terbatas, yaitu antara lain: SDK23M06R, SDK23M15R, dan SDK23M16R, yang mengacu pada klasifikasi alterasi menurut Corbet and Leach (1998). Sedangkan interpretasi dan pembagian temperatur alterasi menurut Reyes (1990), Reyes (1993), White dan Hedenquist (1995) dan Gambar.4. Untuk menentukan paragenesa mineralisasi digunakan interpretasi yang mengacu pada sekwen paragenesa (Putz, et al., 2009).

Berdasarkan gejala alterasi yang diamati dari hasil pemetaan geologi dan alterasi, analisis XRD kuantitatif dan analisis spektral serta didukung hasil analisis petrografi, maka secara umum dapat dibagi atas empat jenis alterasi, yakni: a. Argilik; b. Argilik lanjut; c. Filik - silisifikasi, dan; d. Filik-silisifikasi-pirit.

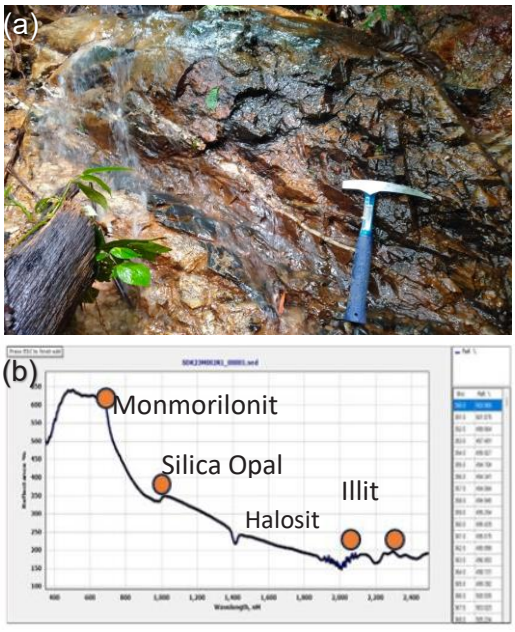
**Alterasi argilik** (Monmorilonit-halloysit-illit) Alterasi ini dicirikan oleh kehadiran mineral monmorilonit-illit-silika opal berwarna putih-kekuningan, hingga abu–abu, ukuran lempungan yang menggantikan feldspar dan setempat-setempat terdapat pirit yang ditemukan pada batuan meta batupasir di Sungai Aek Tuba (Gambar 5a). Fotomikrograf analisis spektral dari sampel batuan meta batupasir (SDK23M002R) diperoleh mineral: monmorilonit, silika opal, halloysit, illit, smektit (Gambar 5b).

Sebaran ubahan argilik ini mecakup sekitar 15% luas daerah penyelidikan yang meliputi di lembah Sungai Aek Tuba, hulu Sungai Aek Sulfi, Sungai sembilin dan hulu Sungai Sikiring-kiring.

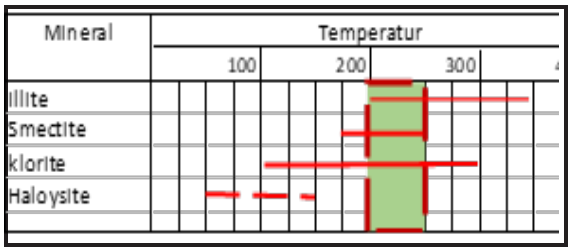
Sesuai hasil analisis spektral dan sebaran mineral ubahannya diinterpretasikan sebagai alterasi tipe argilik pada pH asam. Estimasi temperatur pembentukan mineral alterasinya berkisar 200° s.d 250°C. (Corbet dan Leach, 1998) (Gambar 6).




**Gambar 4**. Kesebandingan temperatur mineral alterasi hidrotermal, Reyes (1990), Reyes (1993)) dan (White dan Hedenquist (1995)



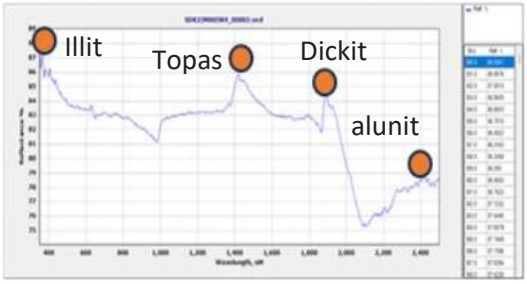

**Gambar 5**. a) Meta batupasir, teralterasi argilik dengan mineral: illit, monmorilonit, halloysit, terdapat silisifikasi, teroksidasi di Sungai Aek Tuba; (b). Grafik analisis spektral memperlihatkan monmorilonit, silika opal, halloysit, illit (sampel SDK23M002R)




**Gambar 6**. Kesebandingan mineral dan temperatur pembentukannya pada alterasi argilik

**Alterasi argilik lanjut** (Dickit, alunit, halloysit)
Alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral ÷ silika opal, illit, dickit, alunit dan halloysit (SDK23M005R4). Hasil analisis spektral menunjukkan mineral: illit, topas, dickit, alunit. (Gambar 7). Penyebaran alterasi argilik lanjut ini menerus dibagian lereng hulu Sungai Aek Sulfi, dengan kandungan mineral alterasi : silika opal, illit, monmorilonit dan *opal*.

Sebaran alterasi ini mencakup sekitar 5% luas daerah penelitian yang terdapat di daerah tambang bukit Dolok Pangkuruhan dan bagian lereng hulu Sungai Aek Sulfi.

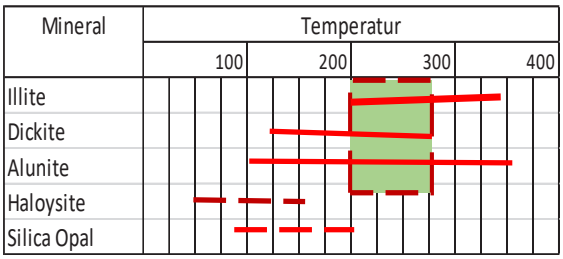



**Gambar 7**. Grafik analisis spektral mineral illit, topas, dickit, alunit (sampel SDK23005R4)

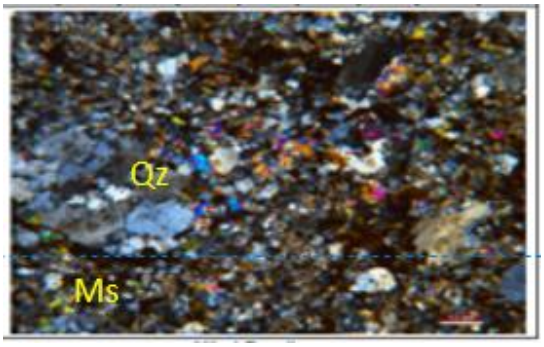
Berdasarkan hasil analisis spektral diinterpretasikan sebagai jenis alterasi argilik lanjut (Corbet dan Leach, 1998). Estimasi temperatur pembentukan mineral alterasinya berkisar 200° s.d. 275°C (Gambar 8).

**Alterasi filik-silisifikasi** (Kuarsa, muskovit, illit)
Alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral kuarsa/silika muskovit, dan illit-serisit, warna putih hingga abu–abu, kompak terrsilisifikasi, pirit hanya spotted. Alterasi ini penyebarannya sekitar 10% luas daerah penelitian di bagian hulu Sungai Aek Tuba dan Sungai Sembilin.

Hasil analisis petrografi dari sampel batuan di hulu Sungai Aek Toba menunjukkan mineral: kuarsa (40%, muskovit (30%), khlorit (20%) (SDK23M15R) lempung (5%) dan opak (7%). Adanya kuarsa dan muskovit mencirikan alterasi filik-silisifikasi (Gambar 9).




**Gambar 8**. Kesebandingan mineral dan temperatur pembentukannya pada alterasi Argilik Lanjut

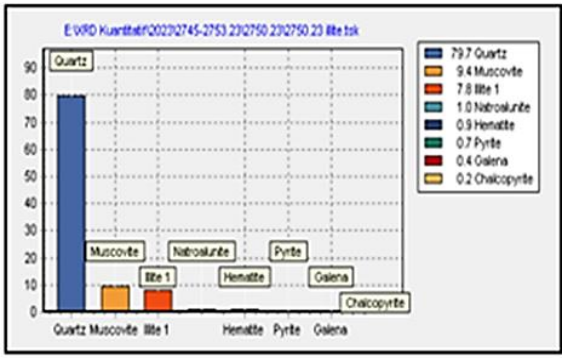



Nikol bersilang

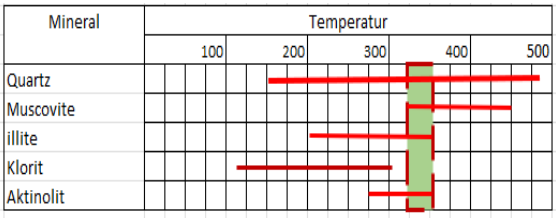
**Gambar 9**. Fotomikrograf: Meta batupasir kuarsa (sampel SDK23M15R) teralterasi filik dengan mineral ubahan kuarsa (Qz: 56%), muskovit (Ms: 20%), khlorit (Krt: 12%), lempung (5%), opak (Opq)

Hasil analisis XRD kuantitatif dari sampel batuan meta batupasir di Sungai Sembilin diperoleh mineral ubahan : Kuarsa (79%), muskovit(9%), illit (7%) natroalunit (1%) (sampel SDK23M016R, Gambar 10).

Alterasi ini diinterpretasikan sebagai alterasi filik-silisifikasi (Corbet and Leach 1998), dengan temperatur pembentukan alterasi berkisar 320°C s.d. 350 °C. (Gambar 11).



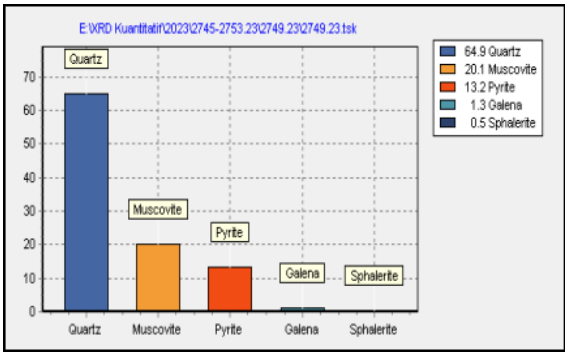

**Gambar 10**. Diagram hasil analisis XRD kuantitatif menunjukkan mineral kuarsa, muskovit, illit, natroalunit



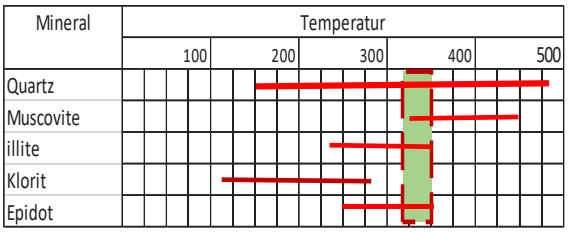

**Gambar 11**. Kesebandingan mineral alterasi dengan temperatur pembentukan pada alterasi filik-silisifikasi

**Alterasi filik-silisifikasi-pirit** (Serisit, muskovit, kuarsa)
Alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral serisitik, muscovit, silisifikasi, kuat, warna coklat, kekuningan keputihan, teroksidasi, dengan intensif urat-urat kuarsa, mengandung pirit, termineralisasi. Penyebaran ubahan ini mencakup sekitar 20% daerah penelitian dijumpai pada lubang-lubang tambang daerah Bukit Dolok Pangkuruhan yang meluas pada hulu Sungai Aek Sulfi. Hal ini juga didukung dari analisis petrografi dari batuan meta batupasir Sungai Aek Sulfi dijumpai mineral alterasi kuarsa, muskovit, khlorit, dan epidot. Dari hasil analisis XRD kuantitatif sampel batuan teralterasi (sampel SDK23M006) menunjukkan mineral: kuarsa, muskovit, illit dan pirit. (Gambar 12).

Berdasarkan hasil analisis petrografi, XRD kuantitatif maka jenis alterasi ini diinterpretasikan filik, pada pH relatif netral (Corbet and Leach 1998), dengan estimasi temperatur pembentukannya berkisar 320°C s.d. 350°C. (Gambar 13).




**Gambar 12**. Diagram analisis XRD kuantitatif menunjukkan mineral: kuarsa, muskovit, illit dan pirit




**Gambar 13**. Kesebandingan mineral dan temperaturnya pada jenis alterasi filik – silisifikasi

**Mineralisasi**
Berdasarkan ciri-ciri mineralisasi dari hasil pemetaan zona urat kuarsa termineralisasi dan hasil analisis mineragrafi serta didukung XRD kuantitatif maka karakteristik mineralisasi dapat dibagi menjadi empat zona mineralisasi, yakni:

a. Urat kuarsa termineralisasi Au-Pb
Mineralisasi ini dicirikan adanya urat kuarsa berwarna coklat kemerahan, keputihan, rodokrosit/rodonit kristalin-*banded*, mengandung galena, sfalerit, pirit. Singkapan berupa urat kuarsa, dengan tekstur kristalin, *collofrom* silisifikasi, teroksidasi (rodokrosit/rodonit), mineral sulfida: galena, sfalerit dan pirit dijumpai pada lubang-lubang Tambang daerah Dolok Pangkuruhan. (Gambar 14).

Pada Bukit Dolok Pangkuruhan juga ditemukan mineralisasi *native gold* pada urat kuarsa dan batuan meta batupasir teralterasi, filik, silisifikasi, singkapan di lubang bekas paritan, tekstur urat kristalin lokasi SDK23M029R. (Gambar 15). Selain itu di lereng timur laut lubang tambang daerah Dolok Pangkuruhan juga dijumpai

mineralisasi urat kuarsa, mengandung kalkopirit, teroksidasi, pada lokasi SDK23M023R (Gambar 16).

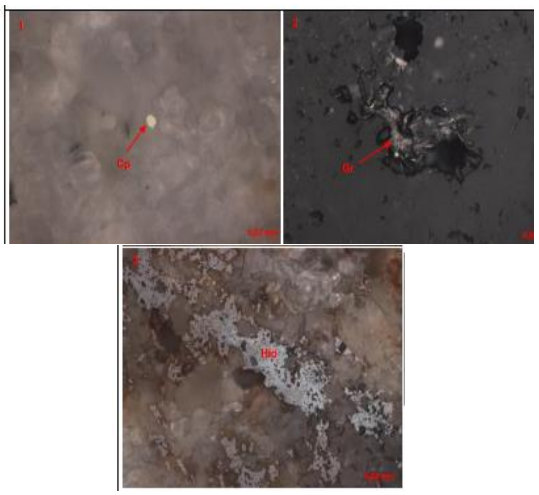


**Gambar 14**. Singkapan urat kuarsa, coklat keputihan, rodokrosit, kristalin-*banded,* galena / sfalerit, pirit (lokasi SDK23M004R)



SDK23M029R

**Gambar 15**. *Native Gold* mengisi rekahan urat kuarsa diperoleh dari Lubang bekas paritan tambang di Bukit Dolok Pangkuruhan (lokasi SDK 23 M029R)




**Gambar 16**. Fotomikrograf mineragrafi kalkopirit (Cp), grafit (Gr) dan hydrous oksida besi (Hio), pada urat kuarsa, rodokrosit pada meta batupasir teralterasi silisifikasi, (sampel SDK23M023R) di lereng timur laut Bukit Dolok Pangkuruhan.

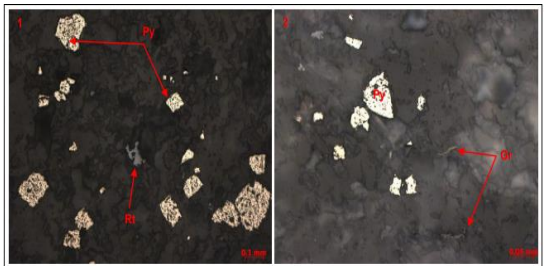
b. Urat kuarsa, silisifikasi termineralisasi (Zn, Pb-Cu)

Mineralisasi ini dicirikan adanya urat kuarsa, putih abu-abu kecoklatan, silisifikasi, masif, teroksidasi, mengandung pirit, galena, dan sfalerit dijumpai di sepanjang hulu Sungai Aek Sulfi dan lubang-lubang lereng Aek Sulfi. Hasil analisis mineragrafi dari sampel urat kuarsa di hulu Sungai Aek Sulfi (SDK 23 M007R, menunjukkan mineralisasi sfalerit, galena, pirit tersebar. (Gambar 17).

Mineralisasi sfalerit-pirit ini menerus pada beberapa singkapan batuan meta batupasir teralterasi filik-pirit/ arsenopirit di Sungai Aek Sulfi dan juga pada lereng-lereng bukit Aek Sulfi, yang dijumpai batuan meta batupasir, serisitik, filik, silisifikasi urat kuarsa, struktur *cativy filling*, kristalin, tebal 10 cm s.d. 14 cm, galena, sfalerit, dan pirit.



(a)SDK23M007R)

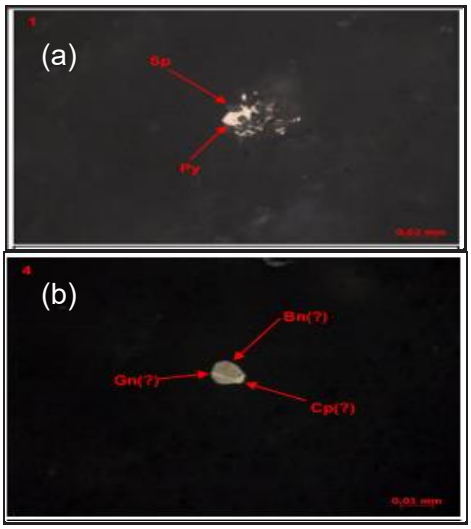



(b)

**Gambar 17**. (a). Singkapan meta batupasir, coklat tua, kemerahan, filik, silisifikasi, terkekarkan, urat kuarsa masif, sfalerit, pirit tersebar. (b) Fotomikrograf rutil (Rt) dan pirit (Py) dan grafit (Gr) tersebar (sampel SDK23 M007R2)

Selain itu pada hulu anak cabang Sungai Aek Sulfi dijumpai mineralisasi pada urat kuarsa tersilisifikasi, kalkopirit, pirit pada lokasi SDK23M20R2.

c. Urat kuarsa silisifikasi-sfalerit/galena
Mineralisasi ini dicirikan berupa urat kuarsa teralterasi serisitik (filik), tersilisifikasi kompak, masif, termineralisasi galena /sfalerit, dan *spotted* pirit. Singkapan urat kuarsa ini dijumpai di hulu Sungai Aek Tuba dan Sungai Sembilin dengan ciri adanya urat kuarsa, kompak, masif, mengandung pirit dan hematit. Hasil analisis mineragrafi diperoleh pirit, sfalerit, kalkopirit, galena, dan bornit (sampel SDK23M016R2) (Gambar 18).



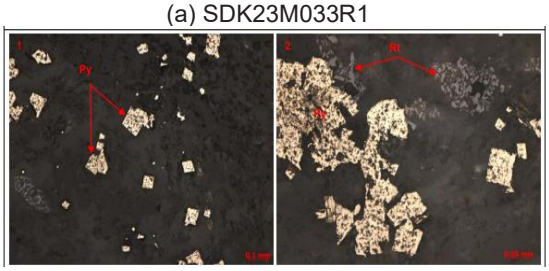

**Gambar 18**. (a).Fotomikrograf pirit (Py) dan sfalerit (Sp), (b) fotomikrograf kalkopirit (Cp), galena (Gal) dan bornit Bn), pada urat kuarsa silisifikasi hulu Sungai Sembilin (sampel SDK23M016R2).

d.Mineralisasi urat kuarsa kalkopirit-pirit
Mineralisasi ini dijumpai di hulu Sungai Sikiring-kiring pada singkapan meta batupasir, teralterasi filik silisifikasi, coklat keabu-abuan kehijauan, kebiruan, silisifikasi, banyak pirit mengisi rekahan bersamaan dengan urat halus kuarsa, dengan mineralisasi sfalerit, galena, kalkopirit-bornit, dan pirit. Hasil analisis mineragrafi menunjukkan adanya pirit dan sfalerit yang sangat halus (Gambar 19).

Peta alterasi dan mineralisasi daerah penelitian disajikan pada Gambar 20.



(a) SDK23M033R1

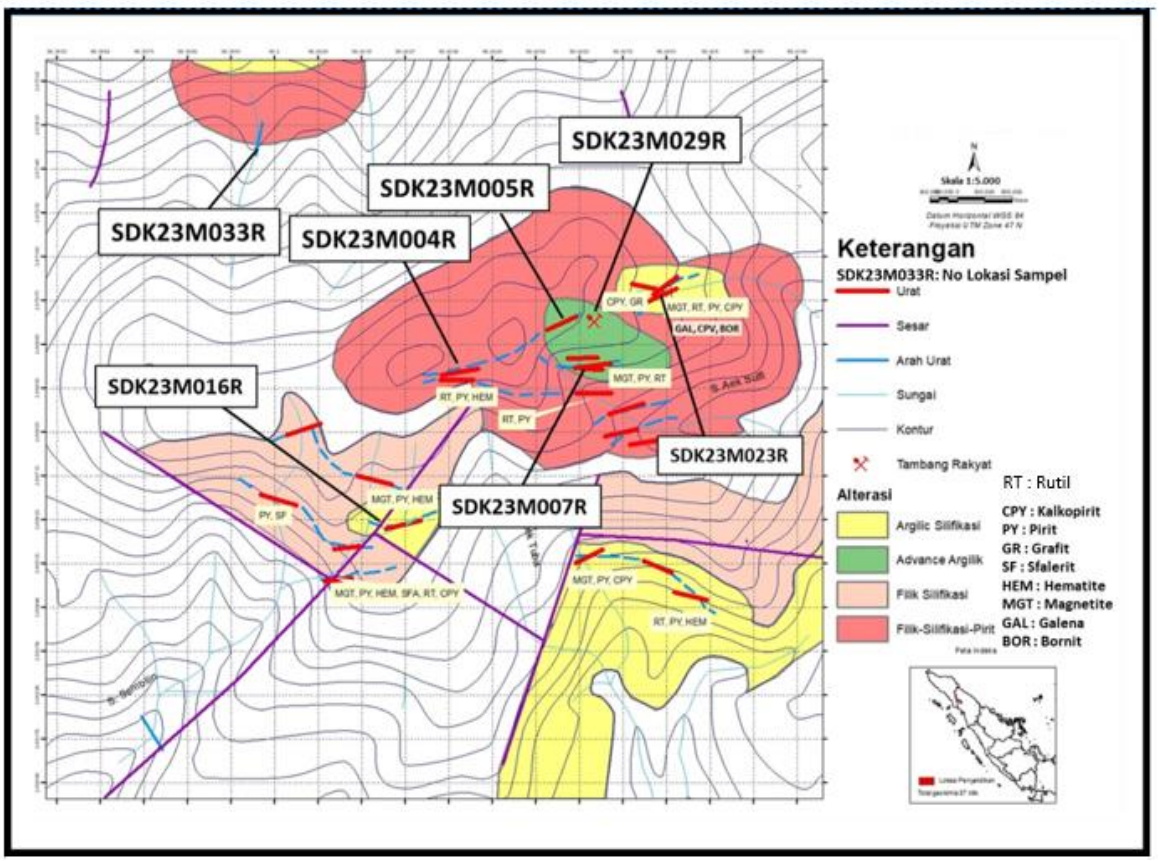



(b) SDK23033R2

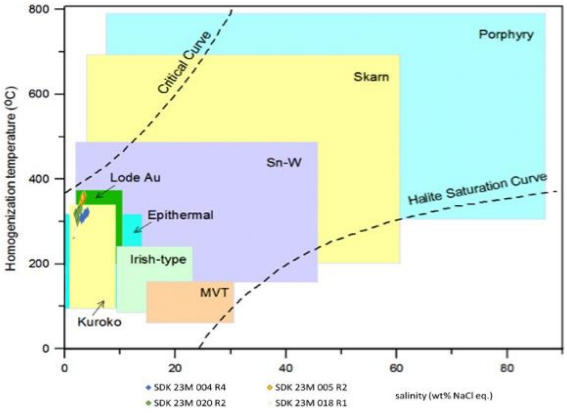
**Gambar 19**. a. Urat kuarsa termineralisasi kalkopirit, bornit-pirit (warna kebiruan)-piritik di hulu Sungai Sikiring-kiring; b. Fotomikrograf mineragrafi pirit tersebar dan pirit euhedral-anhedral.

Berdasarkan fotomikrograf hasil analisis mineragrafi pada sampel SDK23M023R dan SDK23M007R, dengan adanya mineral grafit, rutil yang hadir bersamaan dengan mineral sulfida (kalkopirit dan pirit), yang diinterpretasikan hidrotermal alterasi terbentuk setelah fase sistem metamorfosa dan grafit terbentuk sebagai katalis dari zona kekar *shear zone* yang diendapkan bersamaan dengan fluida hidrotermal, serpihan grafit yang tersebar diduga berasal dari foliasi yang mengendap pada fase fluida hidrotermal (Bartels, 1994, Baden 2016). Paragenesa mineralisasi ini dapat dijelaskan pada Gambar 22 a.

**Tipe Endapan**
Berdasarkan pengeplotan hasil analisis inklusi fluida terhadap nilai temperatur (Th) dan salinitas (Tm) (Wilkinson, 2001), maka dapat diperoleh temperatur pembentukan mineralisasi di daerah ini berkisar 250$^{o}$C s.d. 346$^{o}$C yang diinterpretasikan merupakan tipe endapan *epithermal-lode Au* (Gambar 21).




**Gambar 20**. Peta alterasi dan mineralisasi daerah Dolok Pangkuruhan, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara (Dzil, dkk., 2023)



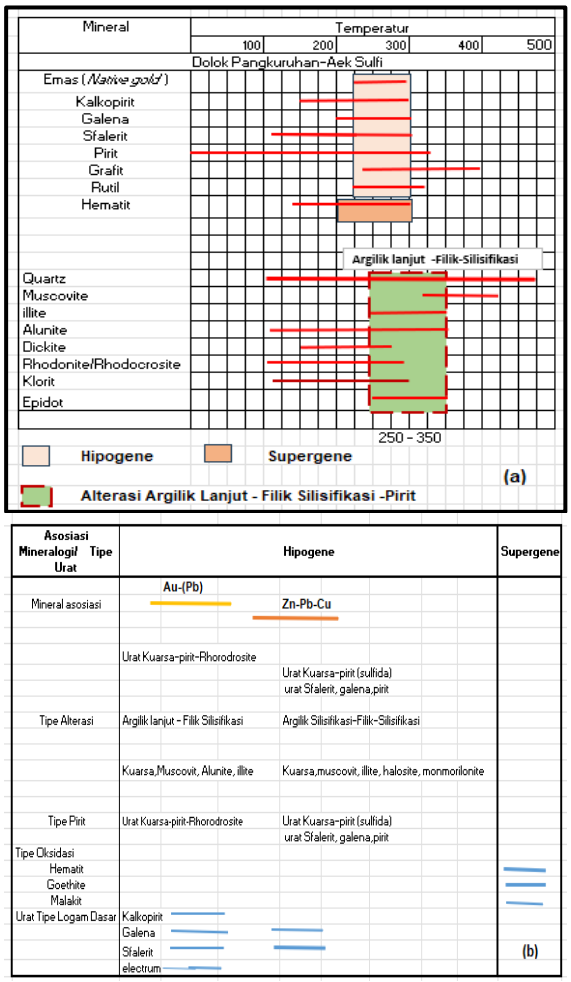

**Gambar 21**. Interpretasi tipe endapan hasil analisis inklusi fluida temperatur (Th) dan salinitas (Tm) menunjukkan endapan epithermal-lode Au (Wilkinson, 2001)

**Paragenesa mineralisasi**

Interpretasi paragenesa mineralisasi bijih berdasarkan data alterasi dan mineralisasi, yang ditunjang, hasil analisis minegrafi (*native gold*), XRD kuantitatif dan spectral. Untuk memperoleh gambaran paragenesa, data-data tersebut dipadukan dengan tabel sequen paragenesa (Putz, et al., 2009) dan kesebandingan temperatur pembentukan mineral menurut Reyes and Giggenbach (1993), Morishon (1995), White and Hedenquist (1995), Zhu, et al., (2011), Baden, (2016). Berdasarkan kehadiran emas berupa *native gold* dan inklusi dalam pirit, dapat diinterpretasikan bahwa emas terbentuk lebih dahulu daripada pirit, seperti yang ditemukan di Bukit Dolok Pangkuruhan (lokasi SDK23M029R). Hasil analisis minegrafi sampel SDK23M23R, yang berasal dari hulu sungai Aek Sulfi menunjukkan kalkopirit hadir bersamaan dengan pengendapan grafit dan pirit sangat halus atau *trace.* Hasil analisis mineragrafi dari daerah lubang Belanda Dolok Pangkuruhan (sampel SDK23M004R), menunjukkan kalkopirit hadir bersamaan dengan pirit dan galena. Sedangkan pada sampel dari lokasi tambang (SDK23M005R) sfalerit hadir bersamaan dengan pirit. Berdasarkan

evaluasi data tersebut pada akhirnya diperoleh diagram paragenesa yang tersaji pada Gambar 22 a.

Hasil pembahasan mineralisasi dan alterasi di daerah hulu Sungai Aek Sulfi terbentuk zona mineralisasi Zn-Pb-Cu, dimana galena hadir bersamaan dengan sfalerit, pirit/arsenopirit dan rutil (sampel SDK23007R). Mineralisasi ini berkembang pada zona alterasi argilik lanjut dan filik - silisifikasi-pirit.




**Gambar 22**. (a) Sekwen paragenesa dan kesebandingan temperatur hidrotermal alterasi dan mineralisasi daerah Dolok Pangkuruhan (Putz, et al., 2009; Reyes, 1990, Morinshon,1995; Zhu, et al., 2011 dan Baden, 2016). B. Sekwen paragenesa mineralisasi urat polimetalik, berdasarkan mineralogi, tipe urat dan genesanya (hypogene-supergene) (modifikasi dari Lee,et al., 2020).

Berdasarkan sekwen paragenesa mineral menurut Baden (2016), dengan adanya mineral grafit dan rutil yang hadir bersamaan dengan mineral sulfida (kalkopirit dan pirit), diinterpretasikan alterasi hidrotermal terbentuk setelah fase sistem metamorfosa. grafit dapat terbentuk sebagai katalis dari zona kekar *shear zone* yang diendapkan bersamaan dengan fluida hidrotermal. Serpihan grafit tersebar diduga berasal dari foliasi yang mengendap pada fase fluida hidrothermal (Bartels, 1994, Baden 2016).

Sekwen paragenesa mineralisasi daerah penelitian, diinterpretasikan sebagai tipe endapan urat polimetalik (*epithermal-mesothermal*), dengan temperatur pembentukan 230°C s.d. 350°C dan diduga sebagai endapan polimetalik tipe urat *epithermal high sulfidation* yang ditandai munculnya dominan kalkopirit-galena-sfalerit-kalkopirit(*trace*) (Zn-Pb-Cu) hadir bersamaan dengan pirit. Urat polimetalik logam dasar Zn-Pb muncul terutama di dalam dan di sepanjang urat pirit-kuarsa dengan arah barat-timur yang mempunyai tekstur *banded, massive* pada metabatupasir terkekarkan kuat dengan pirit tersebar pada sampel SDK23M007R dan SDK23M008R). Di Lubang Belanda daerah Dolok Pangkuruhan emas *(native gold)* hadir bersamaan dengan pirit, tekstur urat kuarsa berupa *coloform,* kristalin, dan *banded*, setempat emas berasosiasi dengan galena dan rodokrosit (Au-(Pb)) . Gambaran sekwen paragenesa tersebut dapat dilihat pada Gambar 22 b.

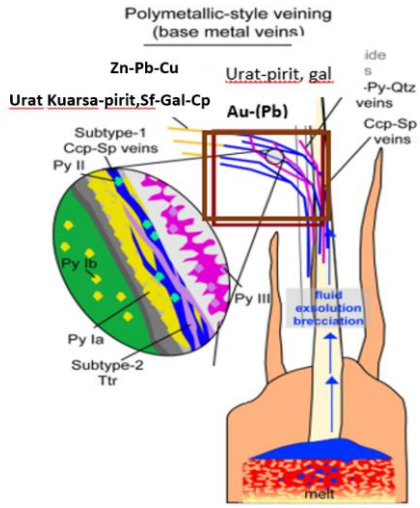
**Model Tipe Endapan**

Berdasarkan pembahasan sekwen paragenesa, mineral asosiasi, tipe urat, tipe pirit, tipe urat logam dasar serta temperatur kesebandingan mineral bijih dan inklusi fluida dan paragenesa mineralisasi di daerah Dolok Pangkuruhan, maka model endapan daerah penelitian merupakan endapan polimetalik epitermal dengan temperatur pembentukan 250°C s.d. 346°C. Di daerah Sungai Aek Sulfi, urat polimetalik logam dasar (Zn-Pb-Cu) muncul terutama di dalam dan di sepanjang urat pirit-kuarsa, sfalerit, galena,

kalkopirit dengan arah barat-timur, urat kuarsa tekstur *banded, massive* pada meta batupasir terkekarkan kuat, pirit tersebar.

Emas *(native gold)* hadir bersamaan dengan pirit, dan beberapa tekstur urat kuarsa berbentuk *coloform,* kristalin, *banded* di daerah Dolok Pangkuruhan, serta setempat emas berasosiasi dengan galena, rodokrosit (Au-(Pb)) di lubang Belanda Dolok Pangkuruhan.

Berdasarkan sekwen paragenesa pada gambar 22 a dan gambar 22 b, diinterpretasikan terdapat 4 fase mineralisasi, yakni: a. Fase pra-mineralisasi, pengendapan kuarsa dalam celah (300°C s.d. 350°C); b. Fase pengendapan kuarsa-pirit, dan dimulainya pengendapan *native gold* (300°C); c. Fase pengendapan kuarsa-pirit-kalkopirit-bornit-galena-sfalerit dan *native gold* (260°C); d. Fase pengendapan kuarsa-pirit-sfalerit-kalkopirit-galena. Model endapan diinterpretasikan sebagai endapan polimetalik emas (Au-Pb) dan logam dasar (Zn-Pb-Cu) tipe urat *epithermal high sulfidation (HS) - intermediet sulfidation (IS) (*Lee et al., 2020*)*, yang ditandai dengan hadirnya *native gold* dan mineral sulfida sfalerit, galena dan kalkopirit serta bornit (Gambar 23).




**Gambar 23**. Model endapan polimetalik tipe urat emas dan logam dasar daerah Dolok Pangkuruhan (modifikasi dari Lee, et al.,2020).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan alterasi dan mineralisasi serta paragenesanya, dapat disimpulkan bahwa karakteristik mineralisasi yang berkembang terdiri dari tipe urat polimetalik emas (Au-Pb) dan tipe urat logam dasar (Zn-Pb-Cu), dengan ciri adanya *native gold* dan galena, sfalerit serta kalkopirit dan bornit yang mempunyai tekstur *banded, colloform* dan *massive*. Mineralisasi ini berkembang pada zona alterasi argilik lanjut-filik silisifikasi-pirit. Adapun model endapannya termasuk endapan polimetalik emas (Au-Pb) dan logam dasar (Zn-Pb-Cu) tipe urat *epithermal high sulfidation (HS) - intermediet sulfidation (IS)*.

## UCAPKAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Tim Kerja Keprospekan dan Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Mineral di Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi yang telah meluangkan waktu untuk diskusi dalam penulisan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Aldiss, D.T., Whandoyo, R., 1983, Peta Geologi Lembar Sidikalang dan (Sebagian) Sinabang Sumatra, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Bartels, K. S., 1994, Graphite and C-O-H fluids in metabasites from the Continental Deep Drilling Program, Germany (KTB), paper presented at Vllth International Symposium on the Observation of the Continental Crust through Drilling, Santa F6, N.M., April 25-30, 1994.

Baden, K., 2016, Paleoproterozoic hydrothermal graphite-sulfide+gold mineralization from the Tasiilaq area, South-East Greenland. Denmark.

Corbett and Leach, T.M.,1998, Southwest Pacic Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization, Society of Economic Geologists, https://doi.org/10.5382/SP.06

Dzil, M.A, Nursahan, I., Andhi, 2023, Laporan Penyelidikan Geologi, Geokimia dan Geofisika Logam Mulia Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi, PSDMBP-Badan Geologi, Bandung.

Hatta, M.H., Dzil, M. A dan Rudy, G., 2017, Laporan Penyelidikan Logam Mulia Logam dasar Kecamatan Pegagan Hilir, Kabupaten Dairi, PSDMBP-Badan geologi, Bandung.

Herald Resources Ltd,1998, *The Dairi Zinc-Lead Project, North Sumatra, Indonesia,* PT Dairi Prima Mineral, North Sumatra Province.

Lee, A, Alexander, P. Gysi, Nicole, C. H., Thomas, M, Katharina, P.,, 2020, Porphyry-related polymetallic Au-Ag vein deposit in the Central City district, Colorado: Mineral paragenesis and pyrite trace element chemistry, Ore Geology Reviews Volume 119, April 2020, 103295;

Lydon, J.W., 1996, Sedimentary Exhalative Sulphides (Sedex); in Geology of Canadian Mineral Deposit Types, Geology of Canada, Vol 8 *Geological Survey of Canada.*

Morrison, K. 1995. Magmatic-related Hydrothermal System. Australia: Short Course Manual.

Putz, H., Paar W.H., and Topa, D., 2009, A Contribution to The Knowledge Of The Mineralization At Mina apillitas, Catamarca, https://www.researchgate.net /publication/262544084_Aportes_alconocimiento_de_la_mineralizacion_de_mina_Capillitas_Catamarca/

Reyes, A.G. 1990. Petrology of Philippine Geothermal System and the Application of Alteration Mineralogy to Their Assesment. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v.43.

Reyes, A.G. 1990a. Petrology of Philippines geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 43.

Reyes, A.G. 1990b. Mineralogy, distribution and origin of acid alteration in Philippine geothermal systems, in Third symposium on deep-crust fluids. 15-16 October 1990, Tsukuba, Japan, extended abstracts: Tsukuba, Geological Survey of Japan.

Reyes, A.G., Giggenbach, W.F., Saleros, J.D.M., Salonga, N.D., dan Vergara, M.C. 1993. Petrology and geochemistry of Alto Peak, a vapour-cored hydrothermal system, Lyete Province, Philippines, in Sussman, D., Ruaya, J.R., Reyes, A.G., and Hedenquist, J.W., eds., Geothermal systems of the Philippines: Geothermics, v. 22.

White, N.C., Hedenquist, W. 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. SEG Newsletter No. 23.

Wilkinson, J.J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. Lithos, v.55, pp.229–272.

Zhu, Y.F., An, F., Tan, J., (2011). Geochemistry of hydrothermal gold deposits: Areview: Geoscience Frontiers. Vol. 2, Issue 3 p. 367–374.

Diterima : 5 April 2024
Direvisi : 24 April 2024
Disetujui : 31 Mei 2024

# SEBARAN UNSUR DAN ASOSIASI UNSUR Fe LATERIT BESI DAERAH BLOK X, PT SILO, PULAU SEBUKU, KALIMANTAN SELATAN

## *ELEMENTAL DISTRIBUTION ANALYSIS AND ELEMENTAL ASSOCIATION OF Fe LATERITC IRON, BLOCK X AREA, PT SILO, SEBUKU ISLAND, SOUTH KALIMANTAN*

**Andri B. Situmorang[1], Sabtanto Joko Suprapto[1], A. Djumarma W[1], Denni Widhiyatna[2], Sarah Mutia[2], dan Andhi Cahyadi[3]**
[1]Program Studi Teknologi Geologi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
[2]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
[3]PT Sebuku Iron Lateritic Ores
andribrayensitumorang@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.475

**ABSTRAK**

Daerah penelitian berada di Blok X, PT SILO, Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan. Geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan ultrabasa yang telah mengalami serpentinisasi, sehingga potensial untuk terbentuknya mineralisasi besi laterit. Penelitian pada daerah ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kadar unsur secara vertikal dan lateral, serta asosiasi unsur Fe. Metode yang digunakan yakni pengeboran, analisis sampel menggunakan XRF, petrografi, dan analisis statistik matrik korelasi dan dendogram. Sebanyak 5.150 sampel dianalisis kandungan unsur Fe, Ni, P, Co, Si, Mg, Cr, Al, Mn, Ca, Na, K, dan Ti menggunakan metode XRF. Sebaran unsur Fe tinggi berada pada zona *red limonite* dengan kadar 40-55%, dan pada *yellow limonite* dengan kadar 40-52%. Litologi pada daerah dengan kandungan Fe tinggi tersebut berupa ultrabasa yang terserpentinisasi. Pada profil sebaran vertikal, peninggian kadar Fe juga berada pada zona *red limonite – yellow limonite.* Asosiasi unsur Fe pada daerah penelitian berdasarkan analisis dendogram dan matrik korelasi, memperlihatkan bahwa unsur Fe berasosiasi sangat kuat dengan unsur Co, Cr, dan Mn, berasosiasi sedang dengan unsur Ni. Fe mempunyai nilai korelasi negatif kuat dengan unsur Si dan Mg.

**Kata kunci**: Sebaran Fe, asosiasi Fe, *red limonite, yellow limonite*, laterit

***ABSTRACT***

*The study area is located in Blok X,* PT SILO*, Sebuku Island, South Kalimantan. The geology of the study area is dominated by serpentinized ultramafic rocks, which have a high potential for the formation of lateritic iron minerals. The aim of the investigation of the area was to determine the vertical and horizontal distribution of the element contents and the association of the iron elements. Drilling, sample analyses using* XRF*, petrography and statistical analyses of correlation matrices and dendrograms were carried out.* Fe*,* Ni*,* P*,* Co*,* Si*,* Mg*,* Cr*,* Al*,* Mn*,* Ca*,* Na*,* K *and* Ti *were analyzed in* 5.150 *samples using the XRF method. The high iron content is found in the red limonite zone with* 40-55% *and in the yellow limonite zone with* 40-52%*. The lithology of the area with high iron content is ophiolitic ultramafic rock. In the vertical distribution profile, the high iron content is also found in the red limonite - yellow limonite zone. Based on the dendrogram analysis and the correlation matrix, the correlation of the* Fe *elements in the study area shows that the* Fe *elements are strongly correlated with the* Co*,* Cr *and* Mn *elements and generally with the* Ni *elements. Elemental iron is strongly negatively correlated with the elements* Si *and* Mg*.*

***Keywords****: Fe distribution, Fe association, red limonite, yellow limonite, laterite*

## PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di Blok X, PT SILO, Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan, termasuk ke dalam Busur Meratus (Soesilo, dkk, 2015). Geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan ultrabasa yang telah mengalami serpentinisasi, sehingga potensial untuk terbentuknya mineralisasi besi laterit (Hernandi, dkk, 2017).

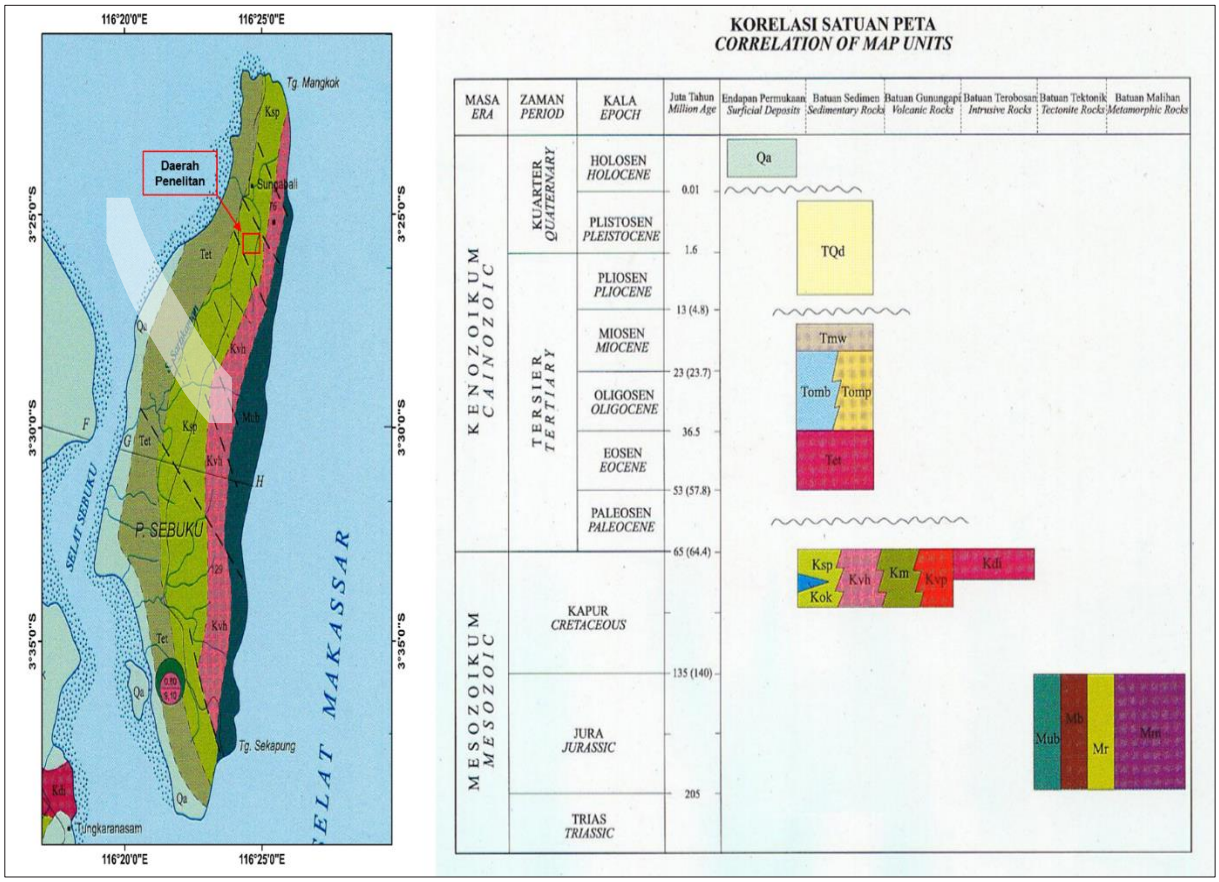
Daerah dengan potensi besi laterit yang dikembangkan sampai tahap eksplorasi masih terbatas, demikian juga pengungkapan fenomena geologi besi laterit. Penelitian pada daerah ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kadar unsur secara vertikal dan lateral, serta asosiasi unsur Fe.

### Geologi Regional

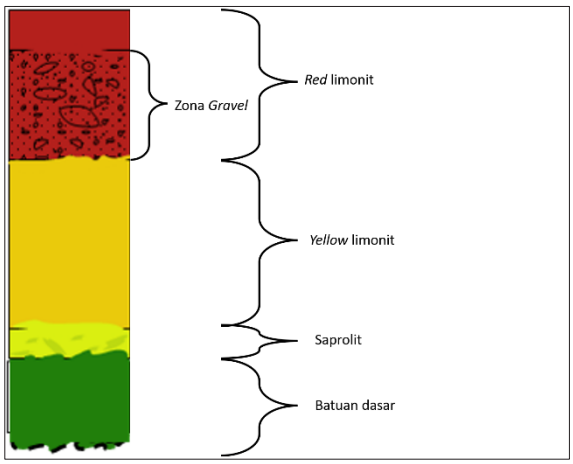
Secara Fisiografi daerah penelitian yang berada pada Busur Meratus (Gambar 1), merupakan zona yang memisahkan cekungan Barito dengan anak Cekungan Asam-asam (Rustandi,dkk., 1995). Sebagai bagian dari Busur Meratus daerah penelitian didominasi oleh batuan ultrabasa, yang terdiri dari dunit, hazburgit, gabro, dan serpentinit (Setyanta, 2006).

### Laterit Besi

Bijih besi laterit merupakan hasil proses pengayaan *supergene* atau pelapukan dari batuan dasar ultrabasa yaitu peridotit/serpentinit (Ahmad, 2008). Proses pelapukan terjadi pada temperatur dan tekanan normal (Gambar 2). Batuan dasar sebagai sumber pembawa besi umumnya batuan ultrabasa yang telah terserpentinisasi. Proses serpentinisasi menghasilkan pengayaan besi dalam bentuk magnetit.




**Gambar 1**. Geologi Regional Pulau Sebuku (Rustandi, dkk, 1995)




**Gambar 2**. Profil umum laterit secara vertikal di P. Sebuku (Divisi Eksplorasi PT SILO, 2013)

**Serpentinisasi**

Serpentinisasi adalah proses alterasi hidrotermal yang mengubah silikat Fe-Mg seperti olivin, piroksen, atau amfibol yang terkandung dalam batuan ultrabasa menjadi mineral serpentin dan magnetit (Pinti, 2014 dan Barnes & O'Neil, 1969). Pada proses serpentinisasi reaksi antara mineral ferromagnesian dan air hidrotermal, sebagai berikut:

Fayalit + air → **magnetit** + *aqueous silica* + hydrogen

$3Fe_2SiO_4 + 2H_2O \rightarrow \mathbf{2Fe_3O_4} + 3SiO_2 + 2H_2$

Sementara silika yang terbebas bereaksi dengan Mg-olivin membentuk serpentin:

$3Mg_2SiO_4 + SiO_2 + 4H_2O \rightarrow 2Mg_3Si_2O_5(OH)_4$.

Menurut Morgan dan Ranero (2023) reaksi kimia proses serpentinisasi dapat disederhanakan sebagai berikut:

$Mg_2SiO_4$ (olivin) + $MgSiO_3$ (ortopiroksen) + $2H_2O \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ (serpentin).

## METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah studi literatur, pengeboran eksplorasi, analisis laboratorium, analisis asosiasi unsur Fe dengan metode dendogram dan matriks korelasi

Pengeboran eksplorasi dilakukan untuk mengambil sampel laterit. Diperoleh sebanyak 301 titik pengeboran, dengan jumlah sampel yang dianalisis menggunakan metode XRF sebanyak 5.150 sampel. Unsur yang dianalisis tersebut terdiri dari Fe, Ni, P, Co, Si, Mg, Cr, Al, Mn, Ca, Na, K, dan Ti.

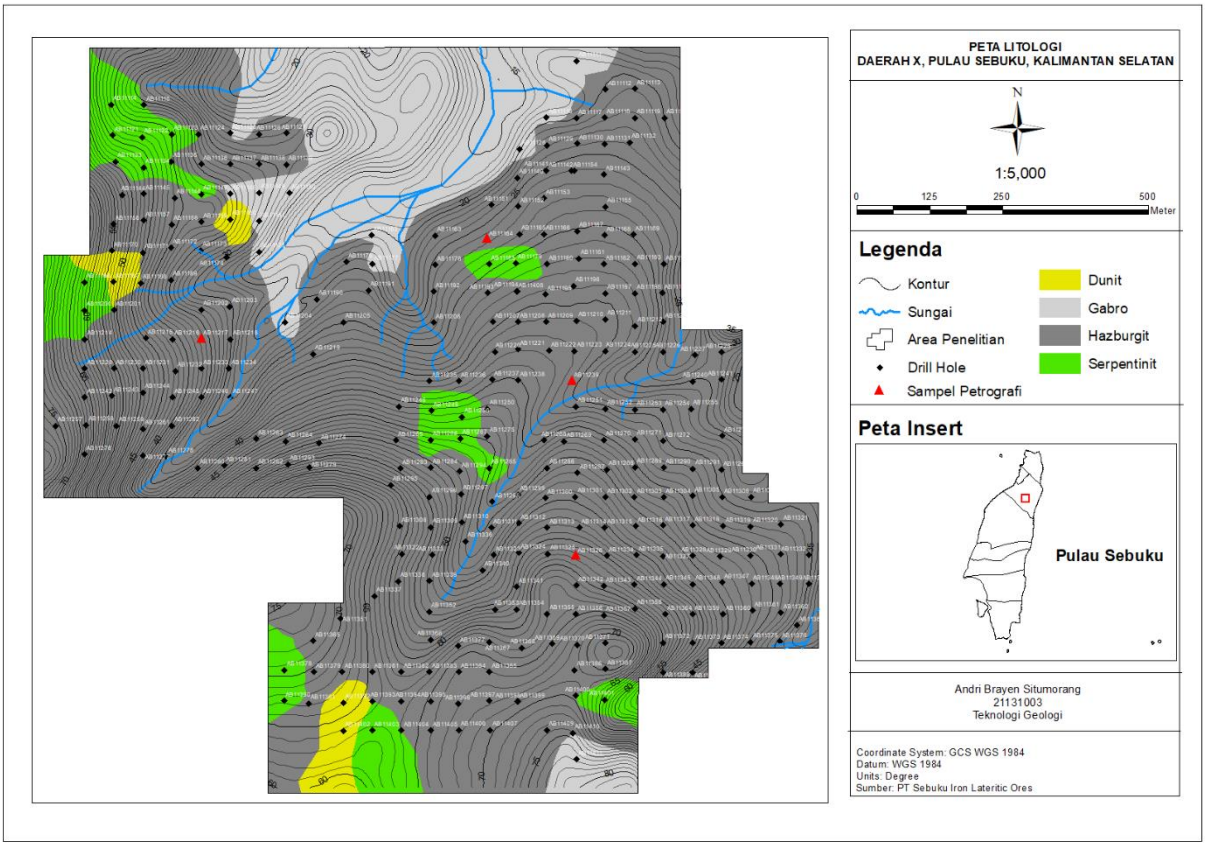
Hasil analisis unsur digunakan untuk menentukan sebaran lateral dan vertikal unsur Fe. Semua unsur yang dianalisis di laboratorium dilakukan pengolahan statistik menggunakan dendogram dan matrik korelasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan data daerah penelitian meliputi geologi daerah penelitian, sebaran unsur Fe, dan asosiasi unsur Fe. Data hasil pengeboran dan hasil analisis sampel bor menggunakan metode XRF, digunakan untuk mengetahui sebaran Fe secara vertikal dan lateral berdasarkan *soil type* dan batuan dasar, serta untuk menganalisis asosiasi unsur Fe. Hasil analisis petrografi digunakan untuk mengetahui jenis litologi dan alterasi (serpetinisasi).

**Geologi Daerah Penelitian**

Litologi daerah penelitian disusun berdasarkan sampel batuan dasar hasil pengeboran (Gambar 3). Dari hasil pengeboran, litologi daerah penelitian terdiri dari terdiri dari gabro, hazburgit, serpentinit, dan dunit. Daerah penelitian didominasi oleh hazburgit berwarna abu-abu gelap yang sebagian terserpentinisasi.

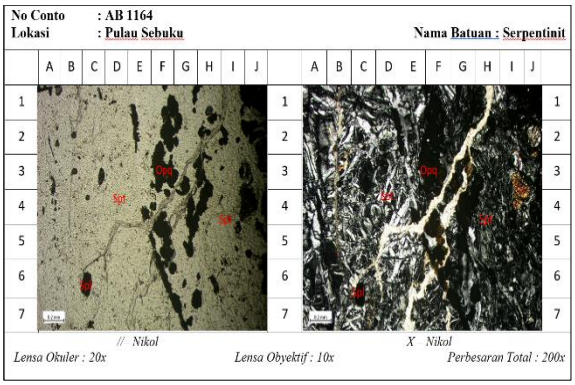



**Gambar 3**. Litologi daerah penelitian

**Petrografi**

Analisis petrografi dilakukan terhadap 4 sampel, yang diambil dari batuan dasar yang tertembus lubang bor. Sampel terdiri dari Sampel AB11164, AB11217, AB11326, dan AB11239, hasil pengamatan secara megaskopis seluruhnya berupa hazburgit.

Sampel batuan dasar dari hasil pengeboran pada Titik AB11164 dilakukan analisis petrografi (Gambar 4). Hasil pengamatn nikol sejajar tidak berwarna, hasil pengamatan secara nikol silang berwarna hijau gelap, memiliki tekstur *relict,* bentuk kristal pada mineral *opaq* dan spinel subhedral – anhedral, bentuk kristal serpentin xenoblastik, bentuk mineral serpentin lepidoblastik, struktur non foliasi, terdapat urat kalsit. Komposisi mineral terdiri dari 91% serpentin, 7% opaq, dan 2% spinel. Dengan kehadiran serpentin sebanyak 91% mengindikasikan bahwa hazburgit telah mengalami alterasi kuat (Lapworth, 1898).

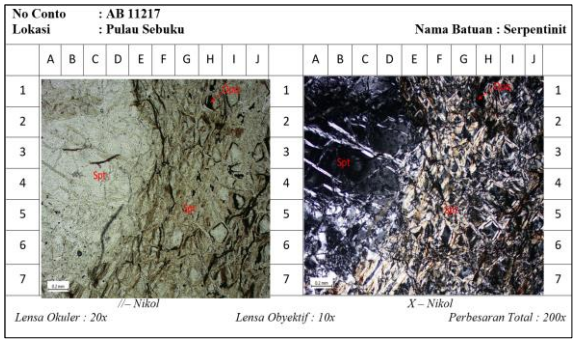



**Gambar 4**. Fotomikrograf sampel AB11164, pengamatan nikol sejajar (kiri), nikol silang (kanan)

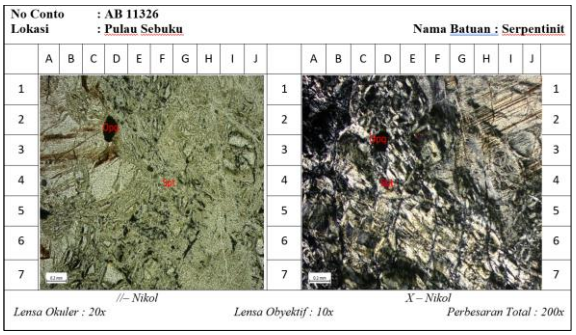
Sampel batuan dasar dari hasil pengeboran pada Titik AB11217 dilakukan analisis petrografi (Gambar 5). Hasil pengamatan nikol sejajar tidak berwarna, hasil pengamatan secara nikol silang berwarna hijau gelap, memiliki tekstur *relict*, bentuk kristal pada mineral opaq subhedral – anhedral, bentuk kristal serpentin xenoblastik, bentuk mineral serpentin lepidoblastik, struktur non foliasi.

Komposisi mineral terdiri dari 97% serpentin, dan 3% opaq. Dengan kehadiran serpentin sebanyak 97% mengindikasikan bahwa hazburgit telah mengalami alterasi kuat.

Sampel batuan dasar dari hasil pengeboran pada Titik AB11326 dilakukan analisis petrografi (Gambar 6). Hasil pengamatan nikol sejajar tidak berwarna, hasil pengamatan secara nikol silang berwarna hijau gelap, memiliki tekstur *relict,* bentuk kristal pada mineral opaq subhedral – anhedral, bentuk kristal serpentin xenoblastik, bentuk mineral serpentin lepidoblastik, struktur non foliasi. Komposisi mineral terdiri dari 97% serpentin, dan 3% opaq. Dengan kehadiran serpentin sebanyak 97% mengindikasikan bahwa hazburgit telah mengalami alterasi kuat.

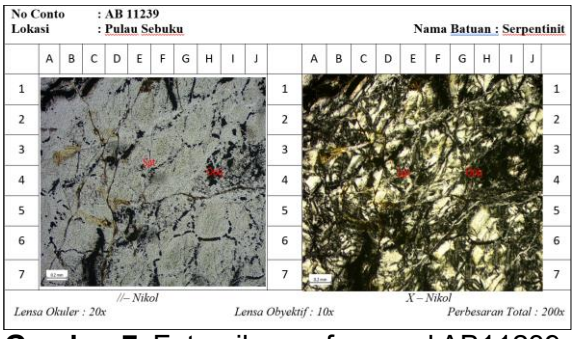



**Gambar 5**. Fotomikrograf sampel AB11217, pengamatan nikol sejajar (kiri), nikol silang (kanan)




**Gambar 6**. fotomikrograf sampel AB11326 pengamatan nikol sejajar (kiri), nikol silang (kanan)

Sampel batuan dasar dari hasil pengeboran pada Titik AB11239 dilakukan analisis petrografi (Gambar 7). Hasil pengamatan nikol sejajar tidak berwarna, hasil pengamatan secara nikol silang berwarna hijau gelap, memiliki tekstur *relict,* bentuk kristal pada mineral opaq subhedral – anhedral, bentuk kristal serpentin xenoblastik, bentuk mineral serpentin lepidoblastik, struktur non foliasi. Komposisi mineral terdiri dari 93% serpentin, dan 7% opaq. Dengan kehadiran serpentin sebanyak 93% mengindikasikan bahwa hazburgit telah mengalami alterasi kuat. Hasil analisis empat sampel batuan dasar AB11164, AB11217, AB11326, dan AB11239 keseluruhannya mengindikasikan telah terserpentinisasi kuat.




**Gambar 7**. Fotomikrograf sampel AB11239 pengamatan nikol sejajar (kiri), nikol silang (kanan)

**Sebaran Unsur**

Pembahasan sebaran unsur meliputi sebaran vertikal dan lateral pada profil laterit. Profil endapan laterit di daerah penelitian merupakan hasil dari pelapukan batuan dasar berupa ultramafik yang telah terserpentinisasikan. Secara vertikal, profil endapan laterit di daerah penelitian dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona limonit, zona saprolit, dan zona batuan dasar (Gambar 8).

Zona limonit dibagi menjadi dua zona yaitu zona *red limonite*, dan *yellow limonite*. Zona saprolit dibagi menjadi empat zona yaitu *earthy saprolite*, saprolit, *rocky saprolite*, dan *hard saprolite*. Zona batuan dasar yaitu merupakan zona batuan yang masih segar. Sebaran unsur secara vertikal dan lateral disusun berdasarkan data kandungan unsur pada zona *red limonit*e, *yellow limonit*e, saprolit, dan batuan dasar.



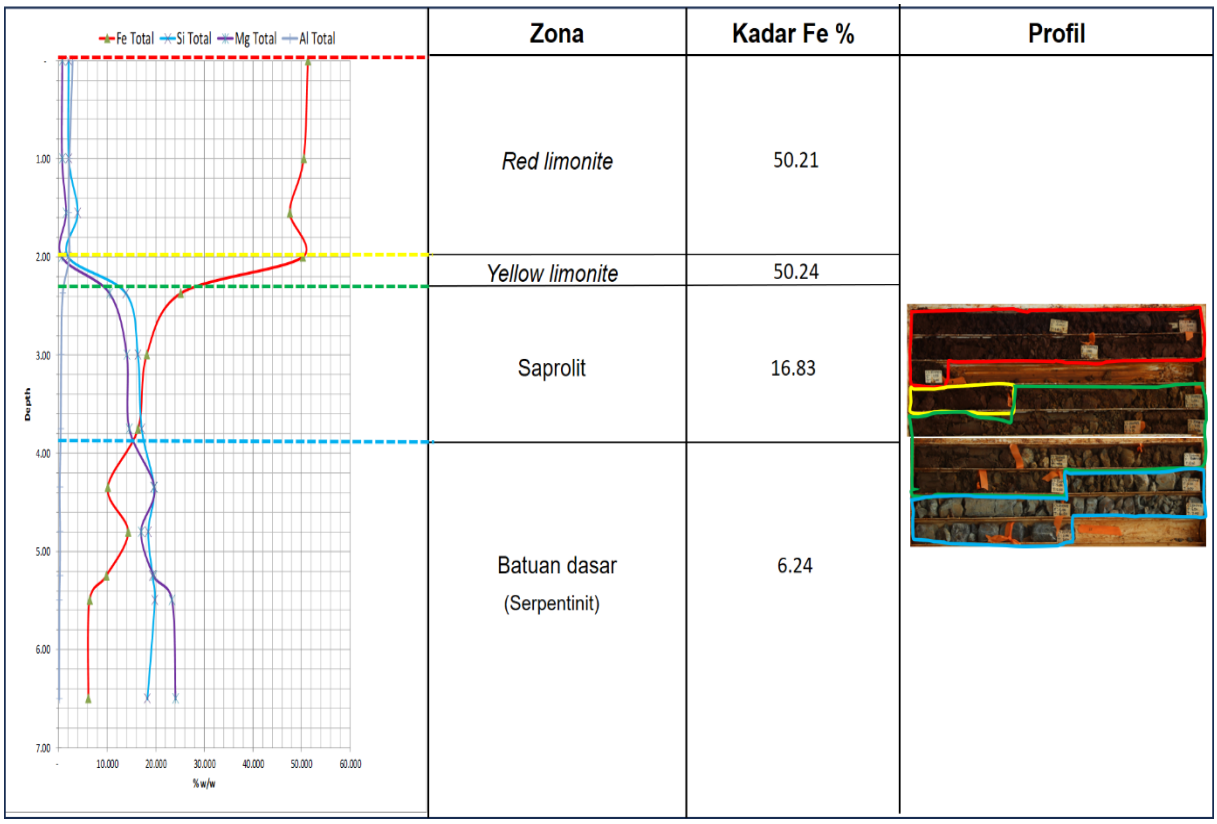

**Gambar 8**. Profil laterit lokasi X

**Sebaran Unsur Vertikal**

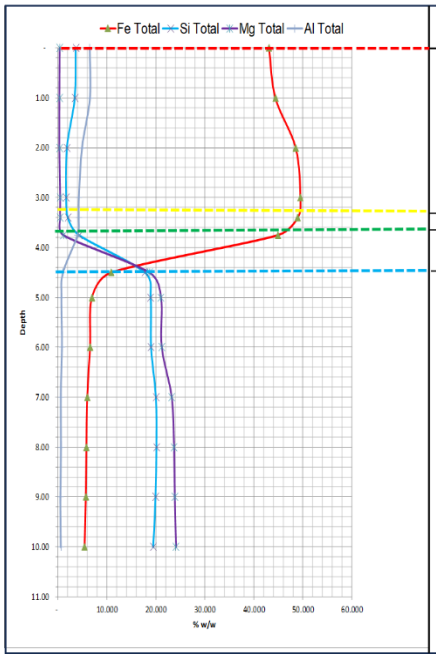
PT SILO menggunakan *cut off grade* >40% Fe dalam proses penambangan besi lateritnya. Sebaran unsur secara vertikal untuk menggambarkan pola sebaran kandungan unsur Fe, Si, Mg, dan Al, didasarkan pada hasil komposit data kandungan tiap unsur. Berdasarkan pola sebaran kandungan unsur secara vertikal dapat diketahui perubahan kadar pada masing-masing zona laterit, dan mengetahui karakteristik unsur secara vertikal.

Pada titik bor AB11121 dengan batuan dasar serpentinit (Gambar 9), di zona *red limonite* kadar masing-masing unsur yaitu 50,21% Fe, 2,48% Si, 0,92% Mg, dan 2,48% Al. Pada zona *yellow limonite* kadar masing-masing unsur 50,24% Fe, 1,94% Si, 0,67% Mg, dan 2,18% Al. Kadar masing-masing unsur pada zona saprolit 16,83% Fe, 16,95% Si, 15,09% Mg, dan 0,47% Al, dan pada zona batuan dasar kadar masing- masing unsur yaitu 6,24% Fe, 18,99% Si, 23,67% Mg, dan 0,14% Al.

Pada titik bor AB11142 dengan batuan dasar Hazburgit (Gambar 10), di zona *red limonite* kadar kadar masing-masing unsur yaitu 46,11% Fe, 2,78% Si, 0,35% Mg, dan 5,63% Al. Pada zona *yellow limonite* kadar masing-masing unsur 44,92% Fe, 4,36% Si, 1,12% Mg, dan 4,00% Al. Kadar masing-masing unsur pada zona saprolit 10,87% Fe, 17,78% Si, 18,65% Mg, dan 1,05% Al, dan pada zona batuan dasar kadar masing-masing unsur yaitu 6,05% Fe, 19,57% Si, 22,85% Mg, dan 0,65% Al.




**Gambar 9**. Sebaran vertikal unsur Fe, Si, Mg, dan Al pada laterit besi dengan batuan dasar serpentinit




| Zona | Kadar Fe % | Profil |
|---|---|---|
| *Red limonite* | 46.113 | |
| *Yellow limonite* | 44.928 | |
| Saprolit | 10.870 | |
| Batuan dasar (Hazburgit) | 6.057 | |

**Gambar 10**. Sebaran vertikal unsur Fe, Si, Mg, dan Al pada laterit besi dengan batuan dasar hazburgit.

Pada titik bor AB11402 dengan batuan dasar Dunit (Gambar 11), di zona *red limonite* kadar masing-masing unsur 28,59% Fe, 10,22% Si, 0,30% Mg, dan 11,22% Al. Pada zona *yellow limonite* kadar masing-masing unsur 12,80% Fe, 19,95% Si, 0,94% Mg, dan 12,94% Al. Kadar masing-masing unsur pada zona saprolit 7,21% Fe, 25,60% Si, 4,61% Mg, dan 8,38% Al, dan pada zona batuan dasar kadar masing-masing unsur yaitu 2,43% Fe, 28,30% Si, 4,71% Mg, dan 8,97% Al.

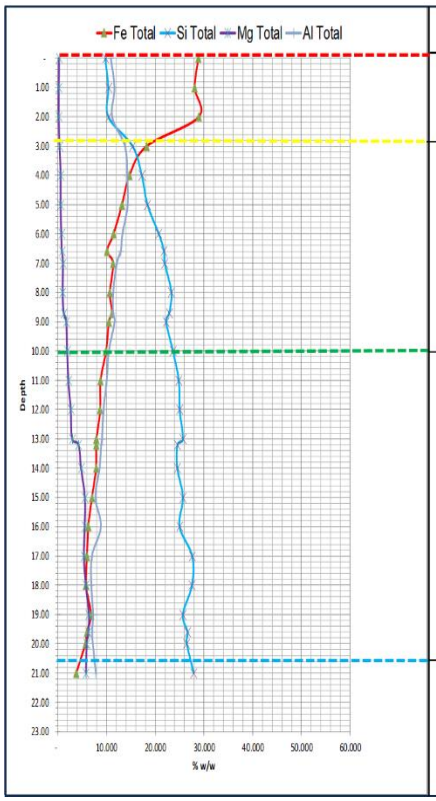
Pada titik bor AB11148 dengan batuan dasar Gabro (Gambar 12), di zona *red limonite* kadar masing-masing unsur 16,37% Fe, 17,29% Si, 0,65% Mg, dan 11,88% Al. Pada zona *yellow limonite* kadar masing-masing unsur 11,36% Fe, 23,09% Si, 0,83% Mg, dan 10,78% Al. Kadar masing masing unsur pada zona saprolit 8,53% Fe, 22,45% Si, 3,58% Mg, dan 9,54% Al, dan pada zona batuan dasar persentase kadar masing-masing unsur 7,21% Fe, 20,23% Si, 2,85% Si, dan 7,73% Al.

Sebaran vertikal kandungan unsur Fe dari 4 zona laterit menunjukkan pola yang berbeda. Sebaran kadar Fe tinggi berada pada zona *red limonite - yellow limonite*. Pada zona saprolit dan batuan dasar sebaran kadar Fe rendah

**Sebaran Unsur Lateral**

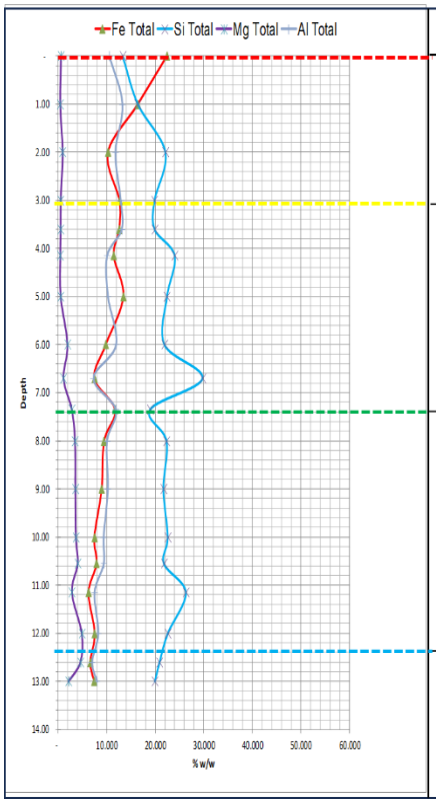
Sebaran lateral kadar Fe pada daerah penelitian berdasarkan pada hasil analisis menggunakan metode XRF, dari sampel hasil pengeboran pada 301 titik lokasi. Sebaran unsur Fe secara lateral disusun berdasarkan rata-rata kandungan Fe pada *red limonite*, *yellow limonite*, saprolit, dan batuan dasar.

Pada peta sebaran kadar Fe zona *red limonite* (Gambar 13), kadar Fe 50,01-55,65% menempati 7% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 40-50% menempati 37% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 30-40% menempati 38% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 0-30% menempati 18% dari daerah penelitian.
Pada peta sebaran kadar Fe pada zona *yellow limonite* (Gambar 14) kadar Fe 50,01-52,22% menempati 3% dari daerah penelitan. Fe dengan kadar 40-50% menempati 24% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 30-40% menempati 32% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 0-30% menempati 41% dari daerah penelitian.



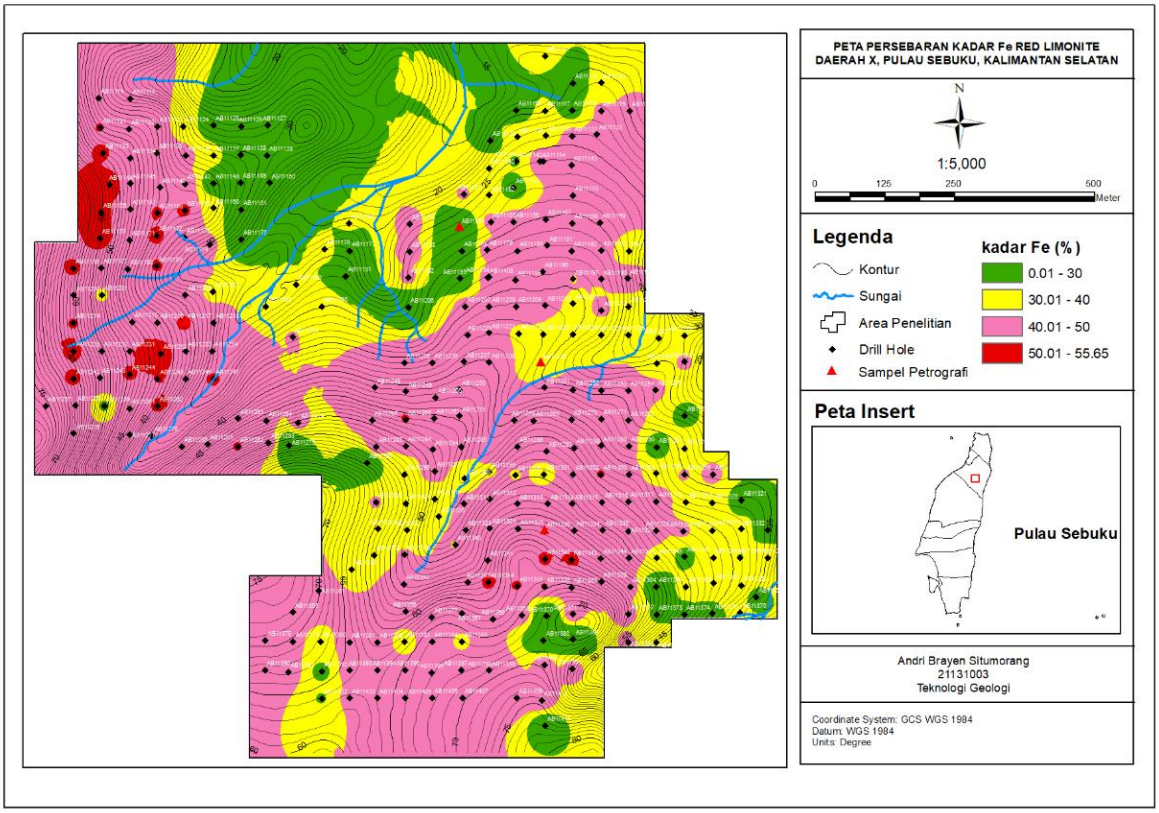

| Zona | Kadar Fe % | Profil |
|---|---|---|
| *Red limonite* | 28.59 | |
| *Yellow limonite* | 12.80 | |
| Saprolit | 7.21 | |
| Batuan dasar (Dunit) | 2.43 | |

**Gambar 11**. Sebaran vertikal unsur Fe, Si, Mg, dan Al pada laterit besi dengan batuan dasar dunit

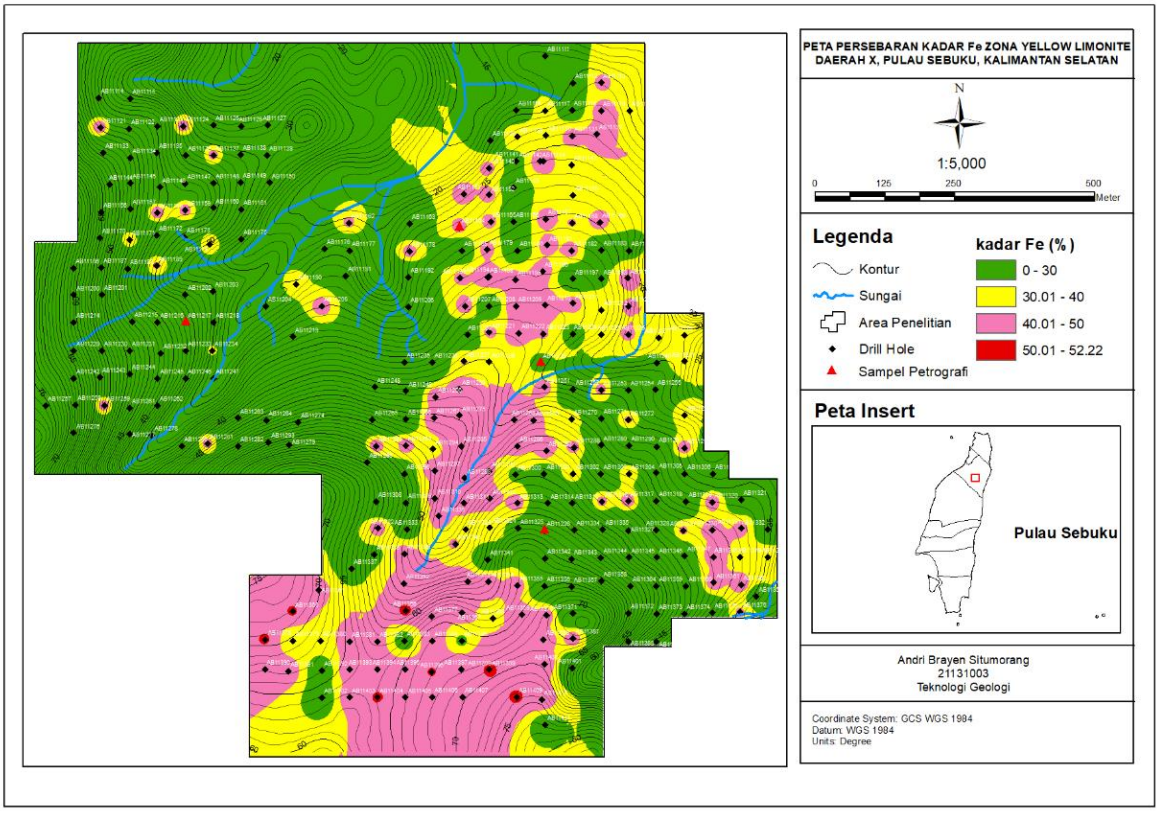



| Zona | Kadar Fe % | Profil |
|---|---|---|
| *Red limonite* | 16.37 | |
| *Yellow limonite* | 11.36 | |
| Saprolit | 8.53 | |
| Batuan dasar (Gabro) | 7.21 | |

**Gambar 12**. Sebaran vertikal unsur Fe, Si, Mg, dan Al pada laterit besi dengan batuan dasar gabro




**Gambar 13**. Sebaran lateral unsur Fe pada zona *red limonite*




**Gambar 14**. Sebaran lateral unsur Fe pada zona *yellow limonite*

Pada peta sebaran kadar Fe pada zona saprolit (Gambar 15), kadar Fe 40-42% menempati 1% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 30-40% menempati 5% dari daerah penelitian. Fe dengan kadar 0-30% menempati 94% dari daerah penelitian.

Pada peta sebaran kadar Fe pada zona batuan dasar (Gambar 16), Fe yang ditemukan pada zona batuan dasar hanya memiliki kadar Fe 0-11% menempati 100% dari daerah penelitian.

Sebaran lateral kandungan unsur Fe dari 4 zona laterit menunjukkan pola yang berbeda. Sebaran kadar Fe >40% berada pada zona *red limonite* menempati 44% dari daerah penelitian. Sebaran kadar Fe >40% pada zona *yellow limonite* menempati 27%. Sebaran kadar Fe >40% pada zona saprolit menempati 1% dari daerah penelitian. Pada zona batuan dasar tidak ditemukan kadar Fe >40%.

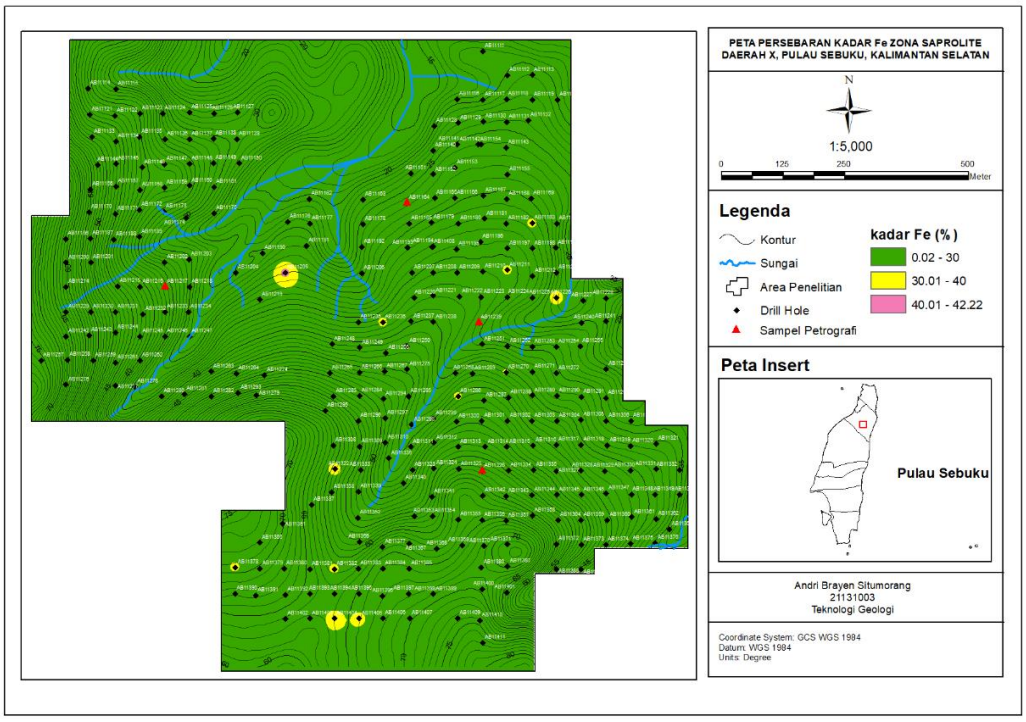
**Asosiasi Unsur Fe**

Asosiasi unsur mengacu pada keterkaitan antara satu obyek dengan obyek lainnya. Dalam interpretasi penelitian ini, unsur asosiasi membantu mengidentifikasi dan memahami hubungan antara unsur-unsur laterit lainnya. Analisis asosiasi unsur Fe menggunakan dendogram dan matrik korelasi. Selanjutnya hasil dari dendogram dan matrik korelasi dituangkan dalam bentuk diagram sebaran kelompok unsur secara vertikal.

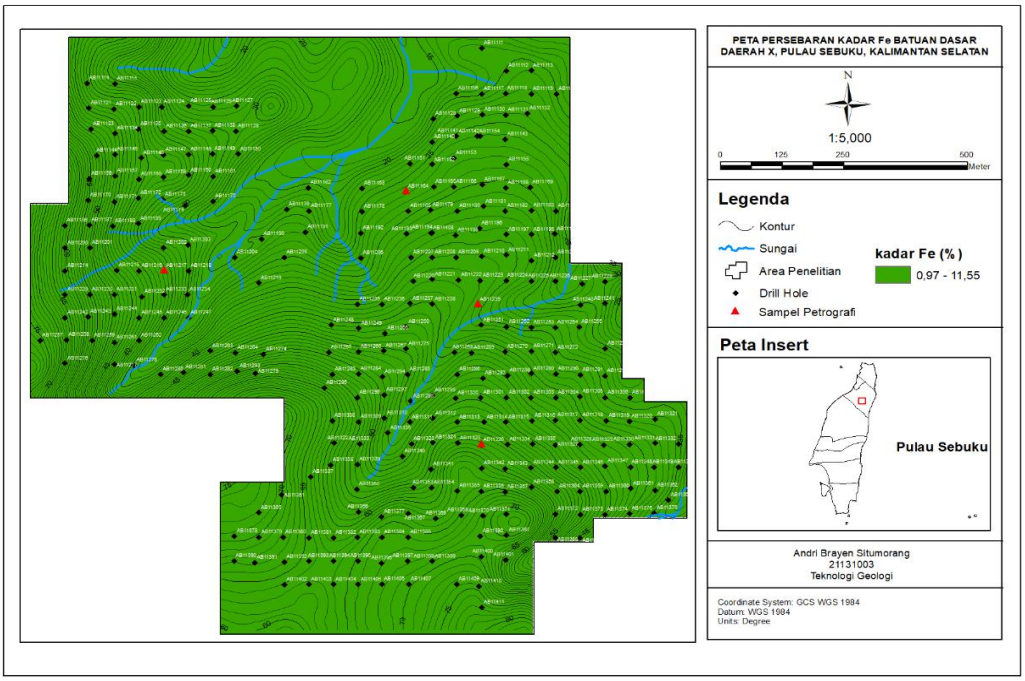
Menurut Sugiono (2017), koefisien korelasi digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh dan menguji hipotesis tentang hubungan antara dua variabel (Tabel 1). Metode ini berlaku ketika data dari kedua variabel berbentuk interval atau rasio dan sumber data yang digunakan untuk kedua variabel sama. Setelah mendapatkan angka korelasi, langkah selanjutnya adalah menguji apakah angka korelasi tersebut signifikan dan dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antar variabel.

**Tabel 1**. Tabel tingkat hubungan korelasi (Sugiono, 2017)

| Koefisien Interval | Tingkat Pengaruh |
|---|---|
| 0,000 – 0,199 | Sangat rendah |
| 0,200 – 0,399 | Rendah |
| 0,400 – 0,599 | Sedang |
| 0,600 – 0,799 | Kuat |
| 0,800 – 1,000 | Sangat Kuat |

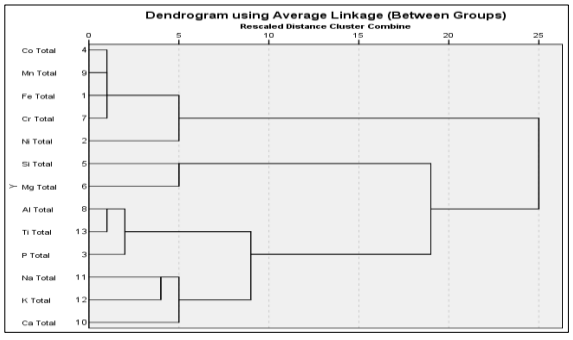



**Gambar 15**. Sebaran lateral unsur Fe pada zona *saprolite*




**Gambar 16**. Sebaran lateral unsur Fe pada zona batuan dasar

Analisis *clustering* menggunakan metode dendogram, dari parameter analisis sampel pengeboran berjumlah 5.150 buah menggunakan XRF untuk mengetahui asosiasi Fe. Masing-masing sampel pengeboran tersebut dianalisis kandungan unsur Fe, Ni, P, Co, Si, Mg, Cr, Al, Mn, Ca, Na, K, dan Ti. Hasil analisis dendogram diperoleh empat kelompok unsur, yang terdiri dari kelompok Fe-Co-Cr-Mn-Ni, kelompok Mg-Si, kelompok Al-Ti-P, dan kelompok Na-K-Ca (Gambar 17).



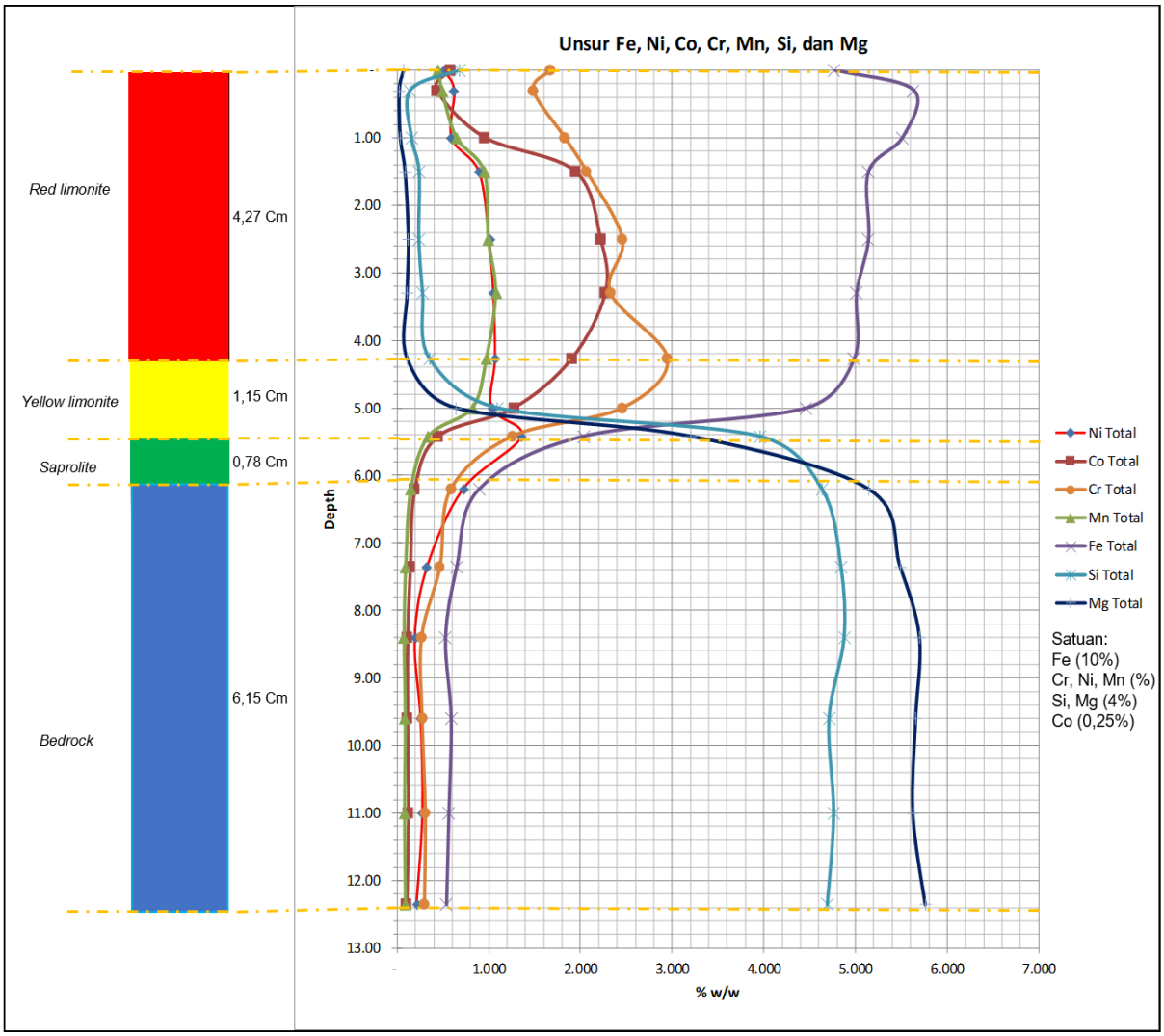

**Gambar 17**. Diagram dendogram daerah penelitian

Berdasarkan hasil matrik korelasi diperoleh asosiasi antara Fe dengan Cr, Mn, Co, dan Ni. Koefisien korelasi antara Fe dengan Cr sebesar 0,814854 (sangat kuat), koefisien korelasi antara Fe dengan Mn sebesar 0,886305 (sangat kuat), dan koefisien korelasi antara Fe dengan Co sebesar 0,87122 (sangat kuat). Koefisien korelasi antara Fe dengan Ni sebesar 0,508039 (sedang). Diperoleh korelasi matriks antara Fe dengan Si dan Mg berasosiasi negatif/tidak berhubungan. Koefisien korelasi antara Fe dengan Si sebesar -0,94224 (negatif sangat kuat), dan koefisien korelasi antara Fe dengan Mg sebesar -0.75989 (negatif kuat) (Tabel 2).

Diagram vertikal pada titik bor AB11159, yang menggambarkan sebaran kelompok unsur Fe, Co, Cr, Ni, dan Mn (Gambar 18) menunjukkan pola garis grafik yang sama pada masing-masing unsur, semakin menuju ke arah batuan dasar kadarnya semakin menurun. Unsur Si dan Mg menunjukan pola yang berkebalikan dengan unsur Fe, Co, Cr, Ni, dan Mn, yakni menuju ke arah batuan dasar kadarnya semakin tinggi. Pola sebaran unsur Fe, Co, Cr, Ni dan Mn yang mengecil ke arah bawah tersebut, mengindikasikan bahwa mobilitas unsur-unsurnya rendah. Sebaliknya dengan meningginya Mg dan Si ke arah bawah mengindikasikan bahwa mobiltas kedua unsur tersebut tinggi.

**Tabel 2**. Matrik korelasi data kandungan unsur 5.150 sampel

| | Fe Total | Ni Total | P Total | Co Total | Si Total | Mg Total | Cr Total | Al Total | Mn Total | Ca Total | Na Total | K Total | Ti Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fe Total** | 1 | **0.507597** | 0.210201 | **0.873909** | -0.94224 | -0.75989 | **0.827302** | 0.280045 | **0.892744** | -0.23865 | -0.45105 | -0.19793 | 0.118983 |
| **Ni Total** | **0.507597** | 1 | -0.17634 | 0.4908 | -0.4626 | -0.21076 | **0.518334** | -0.23778 | **0.520214** | -0.21764 | -0.33667 | -0.31607 | -0.29284 |
| **P Total** | 0.210201 | -0.17634 | 1 | 0.108115 | -0.09942 | -0.49114 | 0.094429 | **0.500167** | 0.175615 | 0.112917 | 0.229477 | 0.39821 | **0.559383** |
| **Co Total** | **0.873909** | 0.4908 | 0.108115 | 1 | -0.82943 | -0.62705 | **0.734823** | 0.192217 | **0.926497** | -0.19823 | -0.39418 | -0.17652 | 0.045361 |
| **Si Total** | -0.94224 | -0.4626 | -0.09942 | -0.82943 | 1 | **0.582676** | -0.80295 | -0.1607 | -0.82472 | 0.235091 | **0.535166** | 0.374358 | -0.02086 |
| **Mg Total** | -0.75989 | -0.21076 | -0.49114 | -0.62705 | **0.582676** | 1 | -0.55438 | -0.77245 | -0.70068 | 0.057555 | 0.190504 | -0.23874 | -0.59936 |
| **Cr Total** | **0.827302** | **0.518334** | 0.094429 | **0.734823** | -0.80295 | -0.55438 | 1 | 0.086565 | **0.759641** | -0.21189 | -0.39915 | -0.2294 | -0.04356 |
| **Al Total** | 0.280045 | -0.23778 | 0.500167 | 0.192217 | -0.1607 | -0.77245 | 0.086565 | 1 | 0.265773 | 0.001912 | -0.00769 | 0.406037 | **0.870819** |
| **Mn Total** | **0.892744** | **0.520214** | 0.175615 | **0.926497** | -0.82472 | -0.70068 | **0.759641** | 0.265773 | 1 | -0.18923 | -0.38571 | -0.13009 | 0.114323 |
| **Ca Total** | -0.23865 | -0.21764 | 0.112917 | -0.19823 | 0.235091 | 0.057555 | -0.21189 | 0.001912 | -0.18923 | 1 | 0.206904 | 0.065293 | 0.019788 |
| **Na Total** | -0.45105 | -0.33667 | 0.229477 | -0.39418 | **0.535166** | 0.190504 | -0.39915 | -0.00769 | -0.38571 | 0.206904 | 1 | 0.432087 | 0.054555 |




**Gambar 18**. Sebaran vertikal unsur Fe, Co,Cr, Ni, Mn, Mg, dan Si (satuan Cr, Ni, Mn dalam %, satuan Fe dalam 10%, satuan Si dan Mg dalam 4%, dan Co dalam 0.25%) pada titik bor AB11159

Sebaran vertikal semua unsur (Fe, Co, Cr, Ni, Mn, Mg, dan Si) membentuk pola garis grafik yang berbelok tajam pada kedalaman sama, baik berbelok menuju ke kadar tinggi ataupun berbelok menuju ke kadar rendah. Titik belok garis grafik tersebut terjadi pada zona peralihan dari zona *yellow limonite* menuju zona saprolit.

## KESIMPULAN

Pada sebaran vertikal, kadar Fe tinggi berada pada zona *red limonite – yellow limonite*, sedangkan pada zona saprolit dan batuan dasar kadar Fe rendah. Demikian juga pada sebaran lateral unsur Fe berkadar tinggi berada pada zona *red limonite* dengan kadar 40-55% dan pada *yellow limonite* dengan kadar 40-52%. Litologi pada daerah dengan kandungan Fe tinggi tersebut berupa hazburgit yang terserpentinisasi kuat dan serpentinit.

Asosiasi unsur Fe pada daerah penelitian berdasarkan analisis dendogram dan korelasi matrik, memperlihatkan bahwa unsur Fe berasosiasi sangat kuat dengan unsur Co, Cr, dan Mn, berasosiasi sedang dengan unsur Ni. Fe mempunyai nilai korelasi negatif kuat dengan unsur Si dan Mg.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Managemen PT SILO yang telah memberikan izin untuk penelitian di area IUP PT SILO. Terima kasih kepada Managemen Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas bumi (PSDMBP) yang telah memberikan izin untuk melakukan preparasi dan analisis sampel. Terima kasih juga kepada Managemen Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung yang telah membantu dalam proses penulisan.

## DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, W. 2008. *Nickel Laterites: Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, Formation, and Exploration, VALE Inco-VITSL* (Tidak diterbitkan).

Barnes I, O'Neil JR. 1969. *The relationships between fluids in some freshalpine-type ultramafics and possible serpentinization, WesternUnited States.* Geol Soc Bull 80:1947–196.

Divisi *Eksplorasi dan Geology Development*. *PT Sebuku Iron Lateritic Ores. 2013. Laporan Pemetaan Geologi Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan.* (Tidak diterbitkan).

Hernandi, D., Haryanto,D.A., Rosana, F.M. 2017. *Domain Geologi Sebagai Dasar Pemodelan Estimasi Sumber Daya Nikel Laterit Perbukitan Zahwah, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.*

Morgan, P.J., Ranero, R.C. 2023. *Roles of Serpentinization in Plate Tectonics and the Evolution of Earth's Mantle*. https://www.researchgate.net/publication/. Diunduh tanggal 29 maret 2024.

Pinti, L.D. (2011). *Serpentinization*. https://www.researchgate.net/publication/259562269_Serpentinization/ Diunduh tanggal 17 maret 2024.

Rustandi, E., Nila, E. S., Sanyoto, P., dan Margono, V. (1995). *Peta Geologi Lembar Kotabaru, Kalimantan Skala 1 : 250.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.

Setyanta, B., Setiadi, I. 2006. *Kompleks Batuan Ultramafik Meratus Sebagai Bagian Dari Ofiolit Kerak Samudera Ditinjau Dari Aspek Geomagnetik Dan Gaya Berat.*

Soesilo, J., Schenk, V., Suparka, E., Abdullah, I.C. 2015. *The Mesozoic Tectonic Setting Of SE Sundaland Based On Metamorphic Evolution.*

Sugiono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif D dan R*. https://opac.perpusnas.go.id/ Diunduh 17 Maret 2004.

Diterima : 5 April 2024
Direvisi : 24 April 2024
Disetujui : 31 Mei 2024

# STUDI GEOLOGI DAN LITOFASIES UNTUK MENENTUKAN KUALITAS BATUGAMPING SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN PADA PT CEMINDO GEMILANG (DESA LEBAK TIPAR, KECAMATAN CILOGRANG, KABUPATEN LEBAK, PROVINSI BANTEN)

## *GEOLOGY AND LITHOFACIES STUDIES TO DETERMINE THE QUALITY OF LIMESTONE AS A RAW MATERIAL FOR CEMENT AT PT CEMINDO GEMILANG (LEBAK TIPAR VILLAGE, CILOGRANG DISTRICT, LEBAK REGENCY, BANTEN PROVINCE)*

**Muh. Nanda Ardi Darmawan, Rinal Khaidar Ali, dan Wahyu Budhi Khorniawan**
Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
nandadarmawan947@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.446

## ABSTRAK

Pabrik semen PT. Cemindo Gemilang yang terletak pada Kabupaten Lebak telah melakukan banyak kegiatan eksplorasi dimana pada kawasan ini juga memiliki potensi adanya sumber daya batugamping. Pada dasarnya pada daerah penelitian memiliki potensi batugamping yang cukup besar dan belum pernah dilakukan penambangan. Oleh karena itu penelitian ini dapat membantu untuk mengetahui kondisi geologi di daerah penelitian meliputi geomorfologi, litologi, dan struktur geologi serta penentuan zona prospek mengenai sebaran kualitas yang baik berdasarkan hasil pemodelan yang nantinya dapat dilakukan untuk kegiatan penambangan. Lokasi penelitian terdapat pada Desa Lebak Tipar, Kecamatan Cilograng, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Adapun metode yang digunakan yaitu pemetaan geologi, analisis petrografi, dan analisis geokimia serta dilakukan pemodelan berdasarkan metode *Inverse Distance Weghting* (IDW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun atas empat litologi yaitu dari yang paling muda hingga tua adalah batupasir, batugamping, batulempung (Formasi Citarate) dan batulempung (Formasi Cijengkol) dengan struktur yang berkembang yaitu adanya indikasi patahan. Berdasarkan analisis petrografi yang dilakukan daerah penelitian terbagi menjadi empat litofasies diantaranya yaitu *wackestone, packstone*, dan *grainstone* yang menunjukkan adanya kualitas baik dengan kadar CaO yang tinggi sekitar >50% sedangkan pada litofasies *mudstone* memiliki kualitas yang buruk dikarenakan memiliki kadar CaO yang rendah sekitar <50%. Berdasarkan analisis pada sampel permukaan dan bawah permukaan menunjukkan pada daerah penelitian yang memiliki kualitas batugamping baik didominasi di bagian tengah hingga barat kavling sedangkan pada batugamping yang memiliki kualitas buruk terdapat di bagian timur kavling.

**Kata kunci**: Desa Lebak Tipar, *X-Ray Fluoresence*, *inverse distance weighting, mudstone, wackestone, packestone, grainstone*

## *ABSTRACT*

*Cement factory PT. Cemindo Gemilang which is located in Lebak city, has done many exploration activities which in this area also has the potential for limestone resources. Basically, the research area has a quite large potential for limestone and never been mined before. Therefore this research can help to determine the geological condition in the research area including geomorphology, lithology, and geological structure as well as determining prospect zones regarding the distribution of good quality according on modeling's results which can later be done for mining activities. The research location is in Lebak Tipar Village, Cilograng District, Lebak City, Banten Province. The methods used are geological mapping, petrographic analysis, and geochemical analysis and the modeling is done based on the Inverse Distance Weghting (IDW)Method. The results of the research show that the research area is composed of four lithologies from the youngest to the oldest are sandstone, limestone, mudstone(Citarate Formation) and mudstone(Cijengkol Formation) with a developed structure whic is shown with the indications of broken fractures. Based on the petrographic analysis that has been done, the research area is divided into four lithofacies, namely wackestone, packstone, and grainstone which*

*show good quality with high CaO levels of around >50%, while the mudstone lithofacies has poor quality because it has low CaO levels of around <50%. Based on analysis of surface and subsurface samples, it shows that in the research area the good quality limestone is predominantly in the central to western part of the plot while the poor quality limestone is found in the eastern part of the plot.*

***Keywords**: Lebak Tipar Village*, *X-Ray Fluoresence*, *inverse distance weighting, mudstone, wackestone, packestone, grainstone*

## PENDAHULUAN

Batugamping merupakan salah satu komoditas yang memiliki banyak manfaat salah satunya yaitu sebagai bahan utama dalam pembuatan semen. Lebak merupakan salah satu Kabupaten yang berada di Provinsi Banten yang memiliki sumber daya batugamping yang cukup melimpah dengan sumber daya tereka: 217.060.967 Ton dan sumber daya terukur: 167.968.590 Ton (PSDMBP, 2022). Pada kawasan Lebak terdapat pabrik semen yaitu PT Cemindo Gemilang dimana pabrik tersebut telah melakukan banyak kegiatan eksplorasi yang berada pada Kecamatan Bayah dan Cilograng, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten.

Pada dasarnya pada daerah penelitian memiliki potensi batugamping yang cukup besar dan belum pernah dilakukan penambangan. Penelitian ini dapat membantu mengenai zona prospek sebaran kualitas yang baik yang nantinya dapat dilakukan untuk kegiatan penambangan. Dalam penentuan kualitas batugamping sebagai bahan baku semen pada daerah penelitian dilakukan beberapa metode yang meliputi pemetaan geologi, analisis petrografi, dan analisis geokimia serta dilakukan pembuatan pemodelan. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil dan batas-batas penambangan yang lebih akurat dalam penentuan kualitas batugamping perlu dilakukan korelasi antara litofasies batugamping dengan kadar kimia serta pembuatan pemodelan yang nantinya dapat mengetahui mengenai daerah prospek untuk dilakukannya penambangan serta tingkat *highrade* dan *lowgrade limestone* di lokasi penelitian.

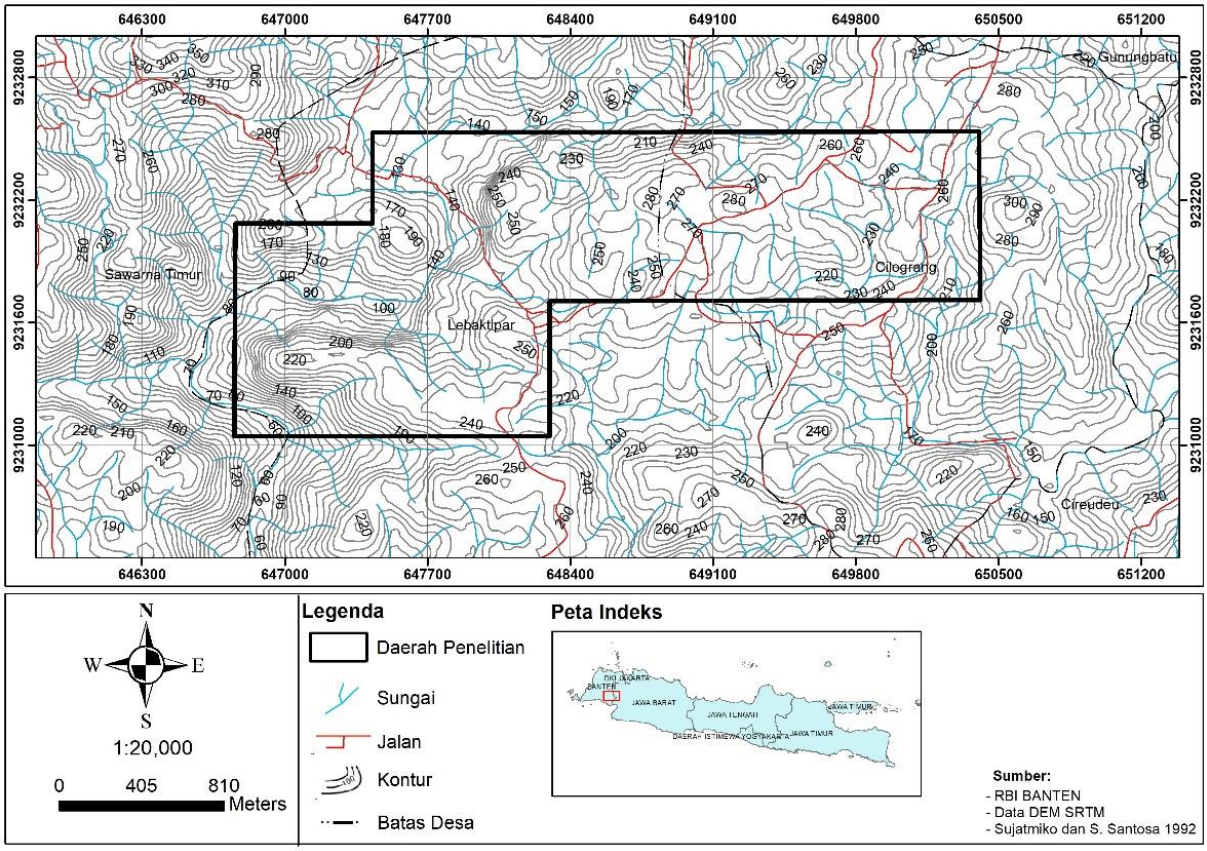
### Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada PT. Cemindo Gemilang dengan lokasi penelitian secara administratif terletak pada Desa Lebak Tipar, Kecamatan Cilograng, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Secara geografis, koordinat daerah penelitian terletak pada 106°19'42.807"-106°21'40.677" Bujur Timur dan 6°57'19.678"- 6°56'28.157" Lintang Selatan. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada (Gambar 1).

### Geologi Regional

Lokasi penelitian berdasarkan lembar Leuwidamar (Sujatmiko dan Santosa, 1992), terbagi menjadi beberapa formasi diantatanya Formasi Bayah, Formasi Cijengkol, Formasi Citarate, Formasi Cimapag, Formasi Badui, Tuff Citorek, Basal, Alluvium.

Provinsi Jawa Barat memiliki struktur geologi yang bervariasi dengan umur yang berkisar Oligo-Miosen sampai Kuarter. Adapun Struktur yang berkembang biasanya berupa patahan, perlipatan, dan kekar, serta kelurusan. Pada struktur patahan umumnya terdapat adanya patahan mendatar dengan arah yang relatif (utara-selatan dan barat daya-timur laut) yang memiliki pergerakan *dekstra*l maupun *sinistra*l, kemudian patahan normal dengan arah yang relatif (utara-selatan). Selanjutnya pada struktur lipatan biasanya ditemukan adanya antiklin yang memiliki arah relatif barat daya-timur laut dan barat-timur. Kemudian pada struktur kekar umumnya dijumpai pada batuan yang berumur Oligo Miosen-Kuarter serta pada kelurusan juga dipengaruhi oleh batuan yang berumur Kuarter dengan arah barat laut-tenggara dan barat daya-timur laut.




**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian Desa Lebak Tipar

## METODOLOGI

Penyusunan metodologi penelitian ini didasarkan pada tahapan penelitian menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diambil langsung berupa data lapangan diantaranya data litologi, arah perlapisan dan struktur geologi. Untuk data litologi batugamping nantinya dilakukan analisis petrografi untuk mengetahui kandungan komposisi dari batuan serta dilakukan analisis geokimia X-Ray Fluoresence untuk mengetahui kadar kimia batuan. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan berupa data eksplorasi dari perusahaan (*assay, collar,* litologi, survei, dan kontur). Data-data tersebut kemudian diolah menggunakan beberapa software diantaranya Arcgis 10.8, Globar mapper, Rockwork, dan Geovia Surpac 2020. Akhir dari metodologi akan mendapakan hasil yaitu zona sebaran kualitas batugamping yang baik untuk dijadikan sebagai bahan baku semen. Terdapat berbagai tahapan dalam melakukan penelitian diantaranya yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan tahap interpretasi data serta yang terakhir yaitu tahap penyajian data.

## HASIL

### Geomorfologi

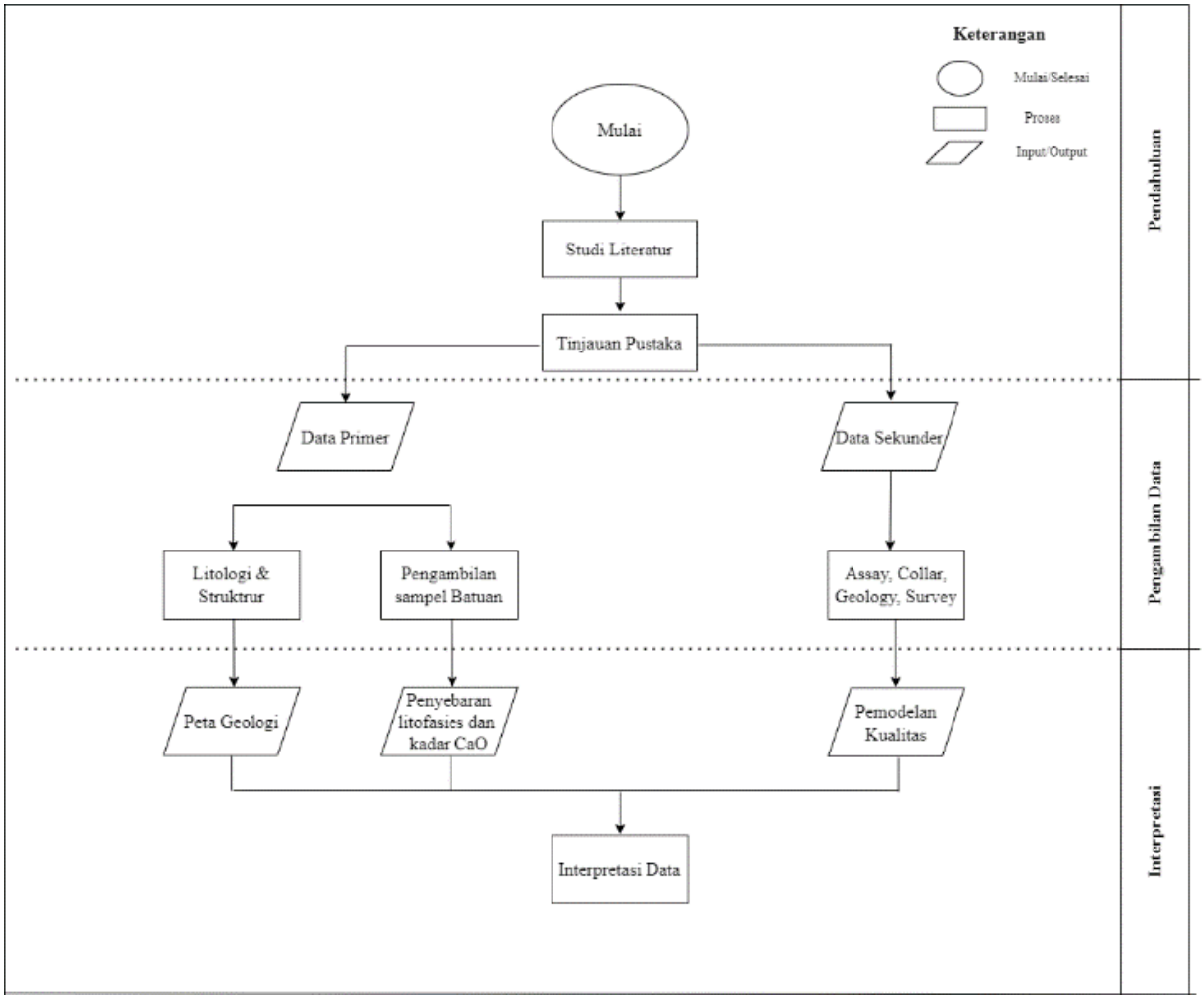
Pembagian geomorfologi daerah penelitian mengacu pada klasifikasi Van Zuidam (1983). Berdasarkan hasil geomorfologi daerah penelitian dikelompokkan menjadi dua satuan gemorfologi (Gambar 3) yaitu satuan bentang alam struktutral berbukit bergelombang dan satuan bentang alam struktural bergelombang miring.

Satuan bentang alam struktutral berbukit bergelombang tersebar pada bagian barat lokasi penelitian terdapat adanya morfologi goa. Satuan ini memiliki beda tinggi yaitu 190 m dengan litologi yang berkembang pada satuan ini yaitu meliputi batulempung dan batugamping. Sedangkan pada satuan

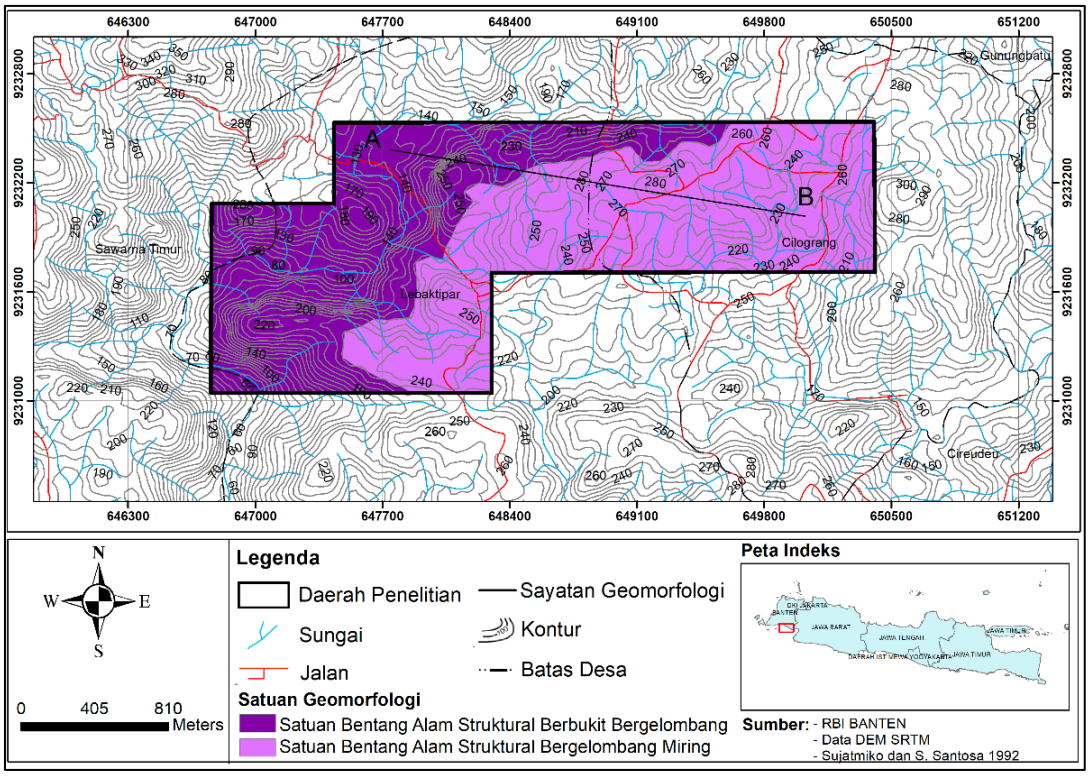
bentang alam struktural bergelombang miring tersebar hampir di seluruh wilayah penelitian yaitu pada bagian utara, timur, dan selatan dengan beda tinggi yaitu 60 m. Adapun litologi yang berkembang pada satuan ini bervariasi yaitu meliputi batulempung, batugamping, dan batupasir.

**Struktur Geologi**

Pada daerah penelitian dilakukan analisis kelurusan dengan menggunakan data DEMNAS dimana analisis ini bertujuan untuk mengetahui mengenai arah tegasan utama daerah penelitian. Berdasarkan analisis yang dilakukan arah tegasan utama pada daerah penelitian berada pada (NE-SW) sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur pada daerah penelitian bekerja dengan arah relatif timurlaut-baratdaya. Pada daerah penelitian terdapat adanya struktur geologi yaitu indikasi patahan yang memiliki arah utara-selatan. Berdasarkan pengamatan langsung dilapangan pada daerah timur daerah penelitian ditemukan adanya perbedaan arah perlapisan sehingga hal ini dapat mengindikasikan terdapat adanya struktur pada daerah tersebut. Kemudian berdasarkan analisis pengindraan jauh yang menghasilkan peta hillshade terdapat adanya sungai yang mana pola tersebut tiba-tiba berbelok, dimana sungai tersebut dapat mengindikasikan adanya zona lemah berupa patahan. Indikasi adanya patahan lainnya tidak dapat ditemukan langsung di lapangan seperti bidang patahan, gores garis, dan sebagainya hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh adanya tingkat erosi dan pelapukan yang tinggi serta kondisi vegetasi yang masih lebat sehingga tanda-tanda patahan tersebut masih tidak terlihat jelas di lapangan.




**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian




**Gambar 3.** Peta Geomorfologi Desa Lebak Tipar

## Litologi

Satuan batupasir

Satuan batupasir ini memiliki ciri yaitu berwarna abu-abu kecoklatan, dengan ukuran butir yaitu 1/8 sampai dengan 1/16 mm, kemas tertutup, dan sortasi baik. satuan batuan ini memiliki komposisi fragmen kuarsa dan feldspar dan material berukuran lanau. litologi ini memiliki kedudukan jurus batuan berkisar N 160° E dengan kemiringan batuan berkisar 20°.

Satuan batugamping

Berdasarkan pengamatan langsung pada satuan batugamping termasuk kedalam batugamping klastik dengan warna abu-abu keputihan, ukuran butir pasir sedang sampai kasar, kemas terbuka, sortasi buruk, serta memiliki struktur yaitu perlapisan dengan kedudukan jurus batuan berkisar N 257° E dengan kemiringan batuan berkisar 12° dan terdapat mineral kalsit dan beberapa fosil yang merupakan pecahan dari cangkang organisme. Secara keseluruhan batugamping pada daerah penelitian ini memiliki berbagai variasi berdasarkan kenampakan fosil yang terkadung serta komposisi yang ada pada batugamping tersebut. Pada satuan litologi ini diendapkan secara selaras dalam satu formasi yaitu Formasi Citarate (Tmtl) bersamaan dengan litologi batulempung.

Satuan batulempung (Formasi Citarate)

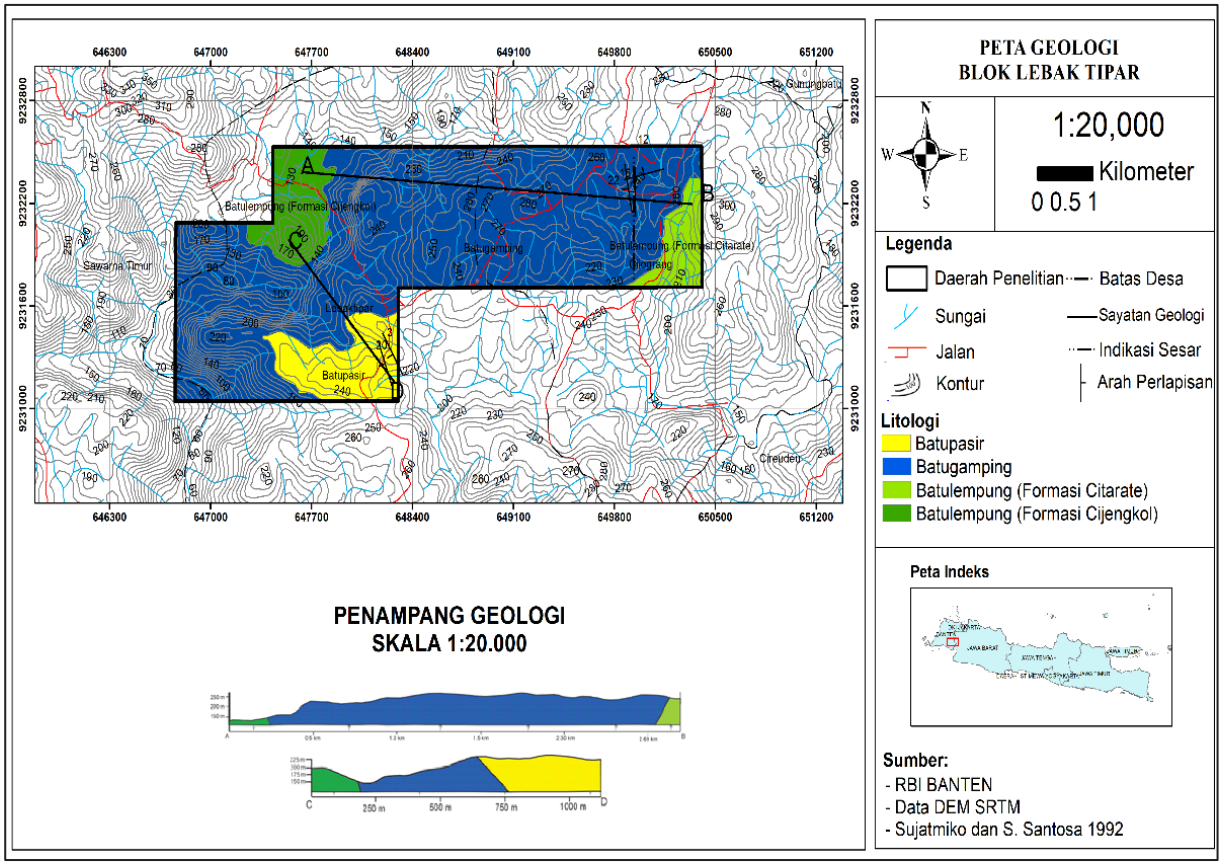
Pada singkapan dapat diamati bahwa satuan ini memiliki warna kuning kecoklatan, dengan ukuran butir <1/256 mm dan kondisi pelapukan yang terjadi yaitu sedang-tinggi. Satuan ini terendapkan secara selaras setelah Formasi Cijengkol dengan berumur Miosen dan termasuk kedalam Formasi Citarate (Tmtl).

Satuan batulempung (Formasi Cijengkol)

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan kondisi pada singkapan ini memiliki pelapukan yang rendah sampai tinggi. Berdasarkan deskripsi megaskopis litologi ini memiliki warna yaitu abu-abu kehitaman dengan ukuran <1/256 mm, kemas tertutup, serta memiliki sortasi yang baik. Pada litologi ini mengalami reaksi ketika ditetesi dengan larutan HCl sehingga dapat diinterpretasikan sebagai lempung karbonatan.




**Gambar 4.** Kenampakan singkapan batuan a) satuan batupasir b) satuan batugamping c) satuan batulempung (Formasi Citarate) d) satuan batulempung (Formasi Cijengkol)




**Gambar 5**. Peta Geologi Desa Lebak Tipar

**Analisis Litofasies Batugamping**

Hasil analisis litofasies yang telah dilakukan berdasarkan lima sampel batuan yang mewakili seluruh daerah penelitian didasarkan hasil klasifikasi Dunham, 1962 menunjukkan bahwa batugamping pada daerah penelitian termasuk kedalam empat jenis litofasies yaitu *grainstone, packstone, wackestone,* serta *mudstone*

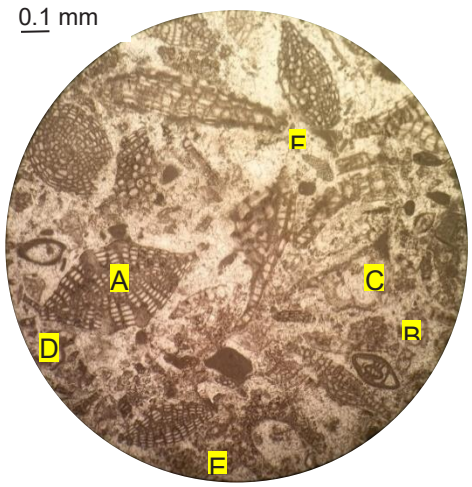
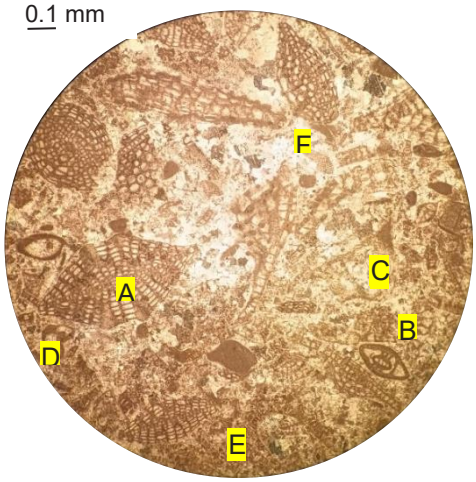
*Litofasies Grainstone*

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan yaitu secara megaskopis dicirikan dengan adanya warna abu-abu kehitaman, dengan struktur masif, sortasi buruk, kemas terbuka, memiliki ukuran butir >2mm, dengan bentuk butir yang bervariasi. Litofasies ini tersusun oleh material klastik yaitu berupa cangkang organisme baik yang memiliki kondisi utuh maupun pecahan.

Kemudian pada pengamatan secara mikroskopis memiliki komposisi yaitu adanya fragmen yaitu *foraminifera besar* 35%, *foraminifera planktonic* 25%, *red alga* 3%, *gasthropoda* 3% dan *bivalvia* 3% dimana pada pengamatan di mikroskop memiliki bentuk-bentuk yang bervariasi. Matriks dalam batuan ini yaitu adanya mikrosparit 18% yang merupakan pecahan dari kristal kalsit serta mikrit 13% yang terdiri dari material karbonat berukuran *micron*.



**Gambar 6.** Singkapan batuan litofasies grainstone pada STA 7

| *Plane polarized Light* (PPL) | *Cross Polarized Light* (CPL) |
|---|---|
|  |  |



Keterangan:

| | | |
|---|---|---|
| A. Foraminifera Besar | C. Gasthropoda | E. Mikrit |
| B. Foraminifera *Planktonic* | D. Bivalvia | F. Mikrosparit |

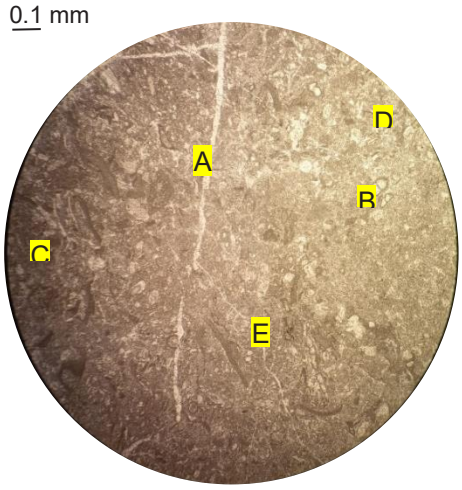
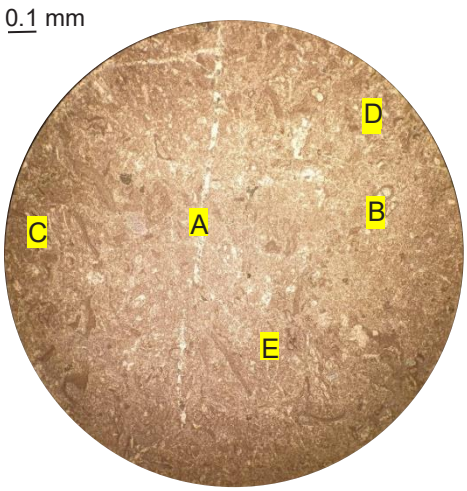
**Gambar 7.** Kenampakan petrografi batuan STA 7 medan pandang 2

*Litofasies Wackestone*
Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan yaitu secara megaskopis dicirikan dengan warna yaitu abu-abu kehitaman, memiliki struktur yaitu massif, ukuran butir halus sampai sedang, sortasi buruk, kemas terbuka. Batuan ini tersusun dominan oleh mikrit dan sedikit fragmen dengan kelimpahan >10%.

Kemudian pada pengamatan secara mikroskopis memiliki komposisi yaitu dengan fragmen adanya kalsit 16% dan *foraminifera planktonic* 28% yang tersusun oleh mineral kalsit dan lempung karbonat. Matrix dari batuan ini telah mengisi ruang kosong dimana terdapat adanya mikrit 27% dan mikrosparit 18% dikarenakan didominasi oleh adanya mikrit sehingga menyebabkan batuan memiliki warna yang cenderung gelap. Selain itu pada pengamatan mikroskopis juga terlihat adanya urat kalsit 7% yang merupakan pecahan dari mineral kalsit serta terdapat adanya rekahan 4%.



**Gambar 8.** Singkapan batuan litofasies wackestone pada STA 6

| *Plane polarized Light* (PPL) | *Cross Polarized Light* (CPL) |
|---|---|
|   |   |
| Keterangan:<br>A. Urat Kalsit<br>B. Foraminifera *Planktonic*<br>C. Mikrit<br>D. Mikrosparit<br>E. Rekahan | |

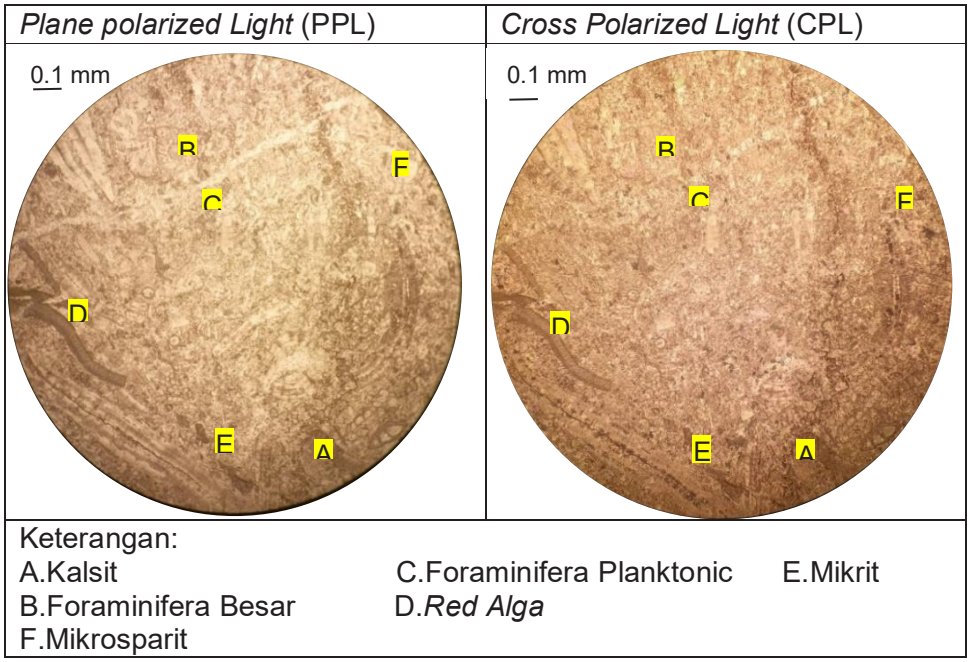
**Gambar 9.** Kenampakan petrografi batuan STA 6 medan pandang 3

*Litofasies Packstone*
Pada pengamatan langsung di lapangan dicirikan dengan warna yaitu abu-abu kehitaman, dengan struktur yaitu massif, dengan bentuk butir yang bervariasi, memiliki sortasi yang buruk, kemas terbuka, memiliki keterdapatan lumpur karbonat yang melimpah yang berkisar >15%.

Pada pengamatan secara mikroskopis fasies ini memiliki komposisi fragmen yaitu adanya mineral kalsit 5% dan beberapa organisme seperti *foraminifera besar* 18%, *foraminifera planktonic* 25%, *red alga* 6%, *bivalvia* 8% yang memiliki bentuk dan ciri-ciri yang khas dimana organisme tersebut tersusun oleh mineral kalsit dan lempung karbonat. Matrix dari batuan ini didominasi oleh adanya mikrit 25% yang terdiri dari material karbonat berukuran micron yang menyebabkan warna batuan menjadi gelap serta terdapat adanya mikrosparit 13% tersusun atas pecahan kalsit.



**Gambar 10.** Singkapan batuan litofasies packstone pada STA 5




**Gambar 11.** Kenampakan petrografi batuan STA 5 medan pandang 2

*Litofasies Mudstone*
Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan secara megaskopis dicirikan dengan warna yaitu abu-abu kecoklatan, dengan struktur perlapisan, memiliki ukuran butir halus, sortasi baik, dan kemas tertutup. Keterdapatan fragmen pada litofasies tidak begitu melimpah dikarenakan litofasies ini lebih di dominasi oleh adanya lumpur karbonat sehingga menyebkan warna pada batuan menjadi gelap.

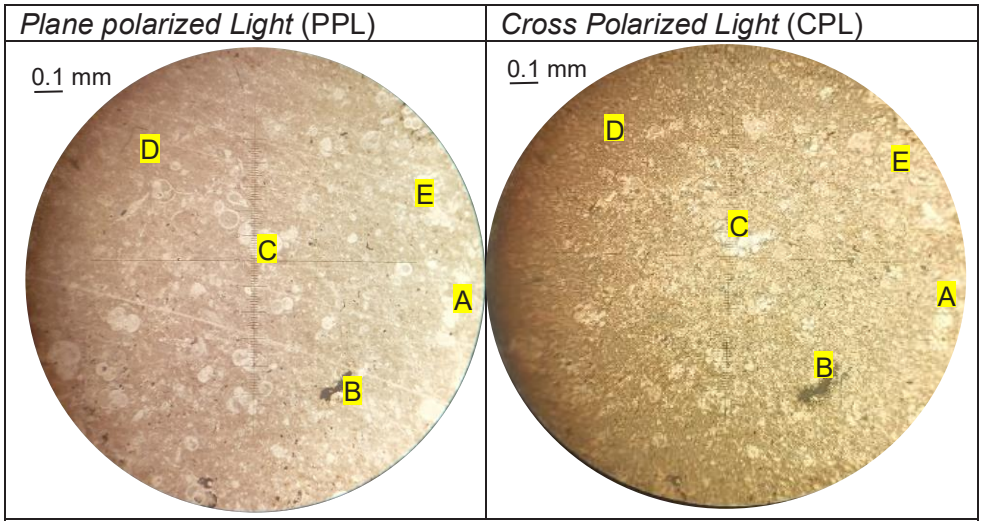
Berdasarkan analisis litofasies sebelumnya kemudian dilakuakn analisis geokimia X-Ray Fluoresence untuk mengetahui kandungan kadar kimia dari masing-masing litofasies. Adapun pengaruh jenis litofasies terhadap kandungan kadar kimia disajikan dalam Tabel 1.

Sedangkan secara mikroskopis memiliki komposisi yaitu fragmen batuan ini ditemukan adanya mineral kalsit 2% dan mineral opak 4% serta adanya *foraminifera planktonic* 3%. Matriks dari batuan ini berupa mikrit 40% yang terdiri dari material karbonat berukuran *micron* serta adanya mikrosparit 51% yang tersebar hampir di seluruh batuan dengan penyusun yaitu berupa pecahan mineral kalsit.

**Hubungan Litofasies Dengan Kualitas Batugamping**



**Gambar 12.** Singkapan batuan litofasies mudstone pada STA 1




**Gambar 13.** Kenampakan petrografi batuan STA 1 medan pandang 3

**Tabel 1.** Hasil analisis x-ray fluorescence

| Titik | CaO | $Fe_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | Litofasies |
|---|---|---|---|---|---|---|
| STA 1 | 30,36 | 2,68 | 19,7 | 3,6 | 0,85 | Mudstone |
| STA 6 | 56,17 | 0,2 | 0,74 | 0,06 | 0,04 | Wackestone |
| STA 5 | 57,37 | 0,24 | 0,94 | 0,17 | 0,05 | Packstone |
| STA 7 | 60,31 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,04 | Grainstone |

**Pemodelan Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen**

Pemodelan dilakukan untuk mengetahui sebaran kualitas batugamping pada daerah penelitian yang dilakukan menggunakan bantuan *software Geovia Surpac* 2020 dan dibutuhkan 4 data yang meliputi data *assay*, data *collar*, data *lithology* dan data *survey* serta data topografi.

*Data Pemboran*

Data pemboran memungkinkan untuk mengidentifikasikan kemungkinan hubungan antara setiap data satu dengan yang lainnya dan akan memberikan informasi dengan model 3D berdasarkan dari data pemboran tersebut. Berdasarkan hasil pembuatan pemodelan ini digunakan 10 titik data pemboran yang terdapat pada bagian tengah kavling, yang meliputi data *collar, assay*, dan geologi.

*Parameter*

Dalam pemodelan dibutuhkan suatu adanya parameter. PT Cemindo Gemilang memiliki parameter sendiri dalam menentukan standar bahan baku semen. Adapun parameter yang dipakai disajikan dalam Tabel 2.

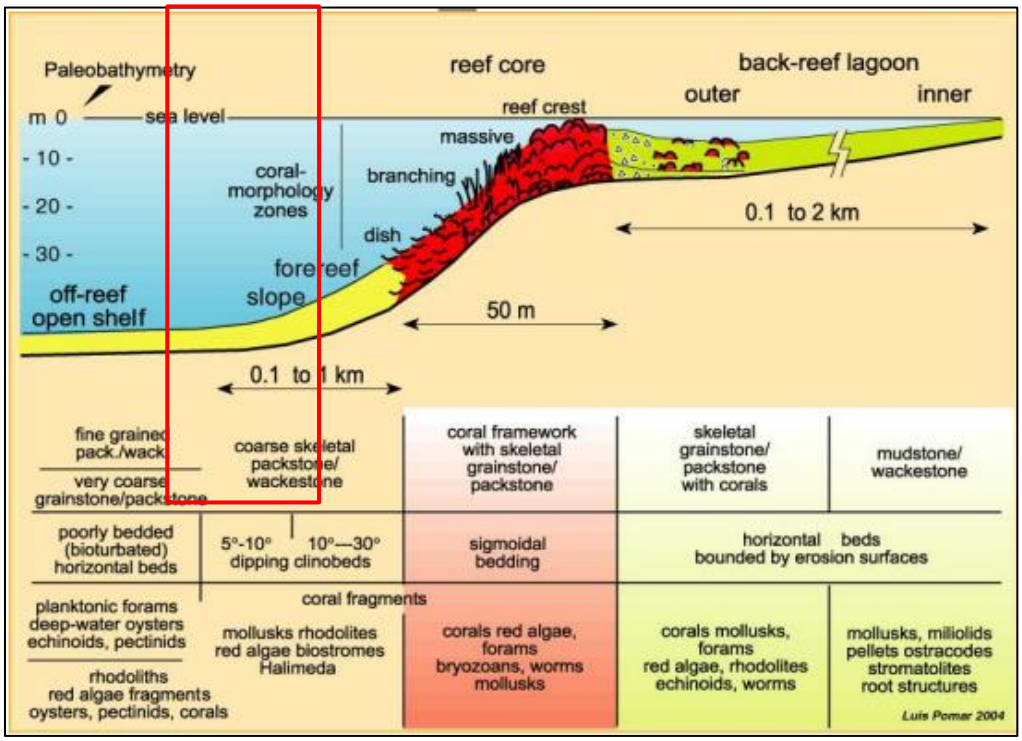
**PEMBAHASAN**

Hasil dari analisis litofasies digunakan untuk menentukan terkait zonasi fasies batugamping, dimana zonasi ini bertujuan untuk mengetahui lingkungan pengendapan batugamping tersebut. Berdasarkan zonasi fasies batugamping Pomar, (2004) daerah penelitian tergolong kedalam *off-reef/open shelf.* Berdasarkan keterdapatan fosil daerah penelitian memiliki berbagai jenis seperti *foraminifera planktonic*, *foraminifera besar*, *red alga*, *bivalvia, gasthropoda* dan *coral*. Berdasarkan hal tersebut, maka zonasi fasies berada pada zona *off reef/open shelf* yang umumnya terbentuk pada lingkungan laut dangkal.

Berdasarkan analisis geokimia XRF dapat diketahui bahwa litofasies batugamping *wackestone, packstone*, dan *grainstone* memiliki kualitas batugamping sebagai bahan baku semen yang baik dikarenakan memiliki kandungan kadar CaO yang tinggi serta kandungan mineral lempung yang rendah seperti $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, dan $SiO_2$ serta $K_2O$. Dimana dapat kita liat juga berdasarkan analisis petrografi pada litofasies *wackestone, packstone*, dan *grainstone* terdapat adanya kelimpahan fragmen cangkang organisme yang terdapat pada batuan seperti foraminifera, *red alga*, dan bivalvia gasthropoda serta tersusun atas material yang berukuran kasar dan keras. Sedangkan pada litofasies *mudstone* cenderung memiliki nilai kadar CaO yang rendah serta kaya akan mineral lempung yang meliputi senyawa $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, dan $SiO_2$ serta $K_2O$, dimana pada litofasies ini juga terdapat sedikit adanya organisme yang menyusun batuan.

**Tabel 2**. Standar Bahan Baku Semen (PT Cemindo Gemilang)

| | |
|---|---|
| *Highrade Limestone* | CaO>45%, MgO<1,6% |
| *Medium Limestone* | CaO>40<45%, MgO>1,6-3% |
| *Highrade Claystone* | SiO2>45%, Al2O3>12% |
| *Addictive* | CaO>40%,<br>MgO 3-8% |
| Dolomit | MgO>8% |




**Gambar 14.** Zonasi Fasies Pomar (2004)

**Tabel 3.** Hasil Perbandingan Litofasies dan Kadar Kimia

| No | Litofasies | Zonasi Fasies | Kadar CaO | Kadar $Fe_2O_3$ | Kadar $SiO_2$ | Kadar $Al_2O_3$ | Kadar $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Mudstone | Off reef/open shelf | 30,36 | 2,68 | 19,7 | 3,6 | 0,85 |
| 2. | Wackestone | Off reef/open shelf | 56,17 | 0,2 | 0,74 | 0,06 | 0,04 |
| 3. | Packstone | Off reef/open shelf | 57,37 | 0,24 | 0,94 | 0,17 | 0,05 |
| 4. | Grainstone | Off reef/open shelf | 60,31 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,04 |

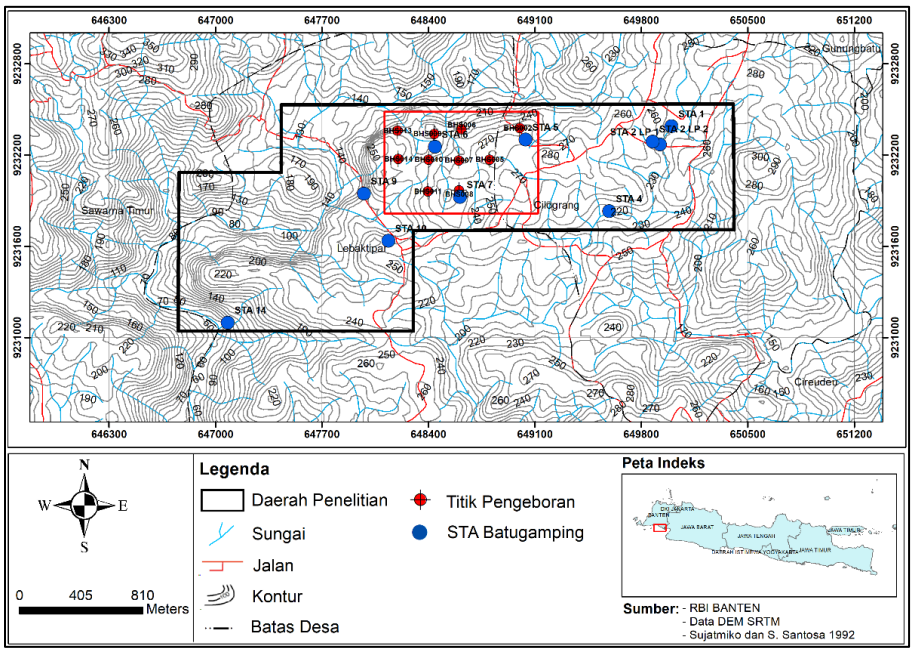
Dalam metode IDW komputer memeriksa jarak antara sampel dari kumpulan blok dan menolak data yang berada diluar radius tertentu dan ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Annels, 1991).

$$Z = \frac{\sum_i^n = 1 \frac{1}{d_i^k} Zi}{\sum_i^n = 1 \frac{1}{d_i^k}}$$

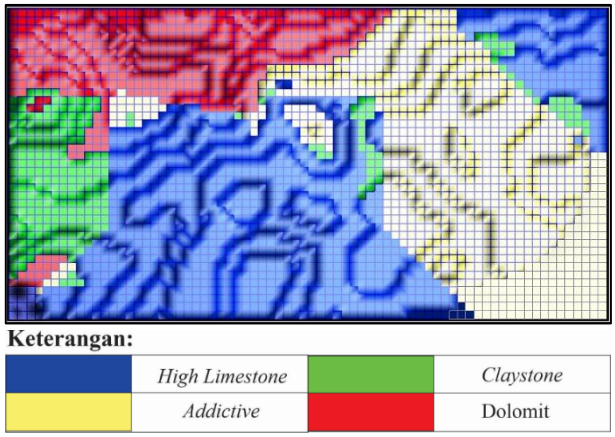
dimana,

Z = Kadar taksiran (%)
n = Jumlah data
i = Kadar ke-i (%)
di = Spasi Antar Titik Taksiran dengan Titik ke-i yang Ditaksir (m)
k = Pangkat (*script*)
Zi = Kadar awal (%)

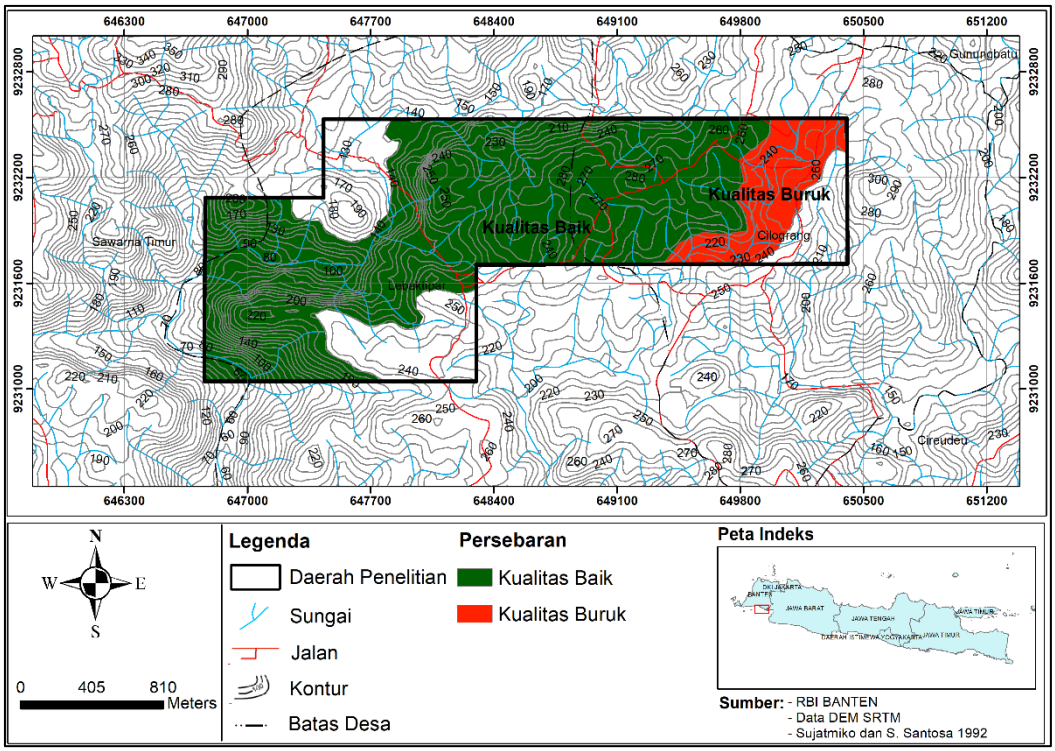
Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *inverse distance weighting* (Gambar 13) dan menggunakan parameter berdasarkan PT. Cemindo Gemilang yang telah dilakukan pada 10 titik data pemboran, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh *highgrade limestone* yang dicirikan dengan warna biru dan memiliki kandungan komposisi kimia yang baik dalam pembuatan semen yang mana daerah ini sangat baik untuk dilakukan penambangan.




**Gambar 15.** Data pemboran daerah penelitian




**Gambar 16.** Hasil pemodelan metode *Inverse Distance Weighting* berdasarkan data pemboran




**Gambar 17.** Peta Persebaran Kualitas Batugamping

## KESIMPULAN

Daerah penelitian terbagi menjadi 2 satuan geomorfologi yaitu satuan struktural berbukit bergelombang dan satuan struktural bergelombang miring dan tersusun atas 4 litologi yaitu dari yang paling muda – tua adalah yaitu batupasir, batugamping, batulempung (Formasi Citarate) dan batulempung (Formasi Cijengkol) dengan struktur yang berkembang didaerah penelitian adalah adanya indikasi sesar. Batugamping daerah penelitian terdiri dari beberapa litofasies yaitu *mudstone, wackestone, packstone,* dan *grainstone* dengan zonasi fasies yang tergolong kedalam *off-reef/open shelf.* Litofasies *wackestone memiliki kadar CaO sebesar* 56,17%, *packestone* sebesar 57,37% dan *grainstone sebesar* 60,31%. Hal tersebut menunjukkan kualitas batugamping yang baik untuk dijadikan bahan baku semen sedangkan batugamping *mudstone* cenderung memiliki nilai CaO yang rendah yaitu sebesar 30,36% dan kaya akan $Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$, serta $K_2O$.

Berdasarkan analisis pada sampel permukaan dan bawah permukaan menunjukkan pada daerah penelitian yang memiliki kualitas batugamping baik didominasi pada bagian tengah hingga barat daerah penelitian sedangkan pada batugamping yang memiliki kualitas buruk terdapat pada bagian timur daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh dosen Teknik Geologi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu dan pengalaman, PT Cemindo Gemilang, dan seluruh pihak yang telah memberikan motivasi dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Andrianto, R. 2023. *PBB Ramal India Negara Terpadat Dunia, Indonesia Nomor Berapa*. https://www.cnbcindonesia.com/research/20230421061010-128-431531/pbb-ramal-india-negara-terpadat-dunia-indonesia-nomor-berapa.

Annels, A. E., 1991, Mineral Deposit Evaluation: A Practical Approach. Chapman & Hall, London.

Bachri, S., 2014, Pengaruh Tektonik Regional Terhadap Pola Struktur Dan Tektonik Pulau Jawa. *Jurnal Geologi Dan Sumber Daya Mineral*, *15*(4), 215–221.

Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2024. Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. Diakses pada 4 April 2024 dari https://geologi.esdm.go.id/psdmbp

Bemmelen, R. W. van., 1949, *The Geology Of Indonesia*.

Conoras, W. A., & Tabaika, M., 2019, Pemodelan Dan Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Site Pulau Pakal Pt. Antam (Persero) Tbk Ubp Nickel Maluku Utara Menggunakan Metode Inverse Distance Weight Dan Ordinary Kriging. *Dintek*, *12*(1), 19–28.

Dunham, Robert J., 1962, "Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures", 108-121.

Kemenkeu. 2022. *Pembangunan Infrastruktur Jadi Salah Satu Fokus APBN 2023*. https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/Fokus-APBN-2023

Martodjojo, Sujono., 1984, "Evolution of Bogor Basin, West Java." *Doctorate Thesis, Institut Teknologi Bandung*.

Nurwaskito, A., Amril, F., & Widodo, S., 2015, Analisis Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Utama Semen Portland Pada Pt. Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Selatan. *Geomine*, *2*(1), 1–7.

Permana, A., 2018, Potensi Batugamping Terumbu Gorontalo Sebagai Bahan Galian Industri Berdasarkan Analisis Geokimia XRF. *EnviroScienteae*, *14*(3), 174–179.

Pomar, L., & Kendall, C. G. St. C., 2011, Architecture of Carbonate Platforms: A Response to Hydrodynamics and Evolving Ecology. In *Controls on Carbonate Platform and Reef Development* (pp. 187–216). SEPM (Society for Sedimentary Geology). https://doi.org/10.2110/pec.08.89.0187.

Pomar, L. 2001. Types of Carbonate Platforms: a Genetic Approach. Basin Research, 13(3), 313-334.

Pulunggono, A., & Cameron, N. R., 1984, Sumatran microplates, their characteristics and their role in the evolution of the Central and South Sumatra Basins.

Scholle, P. A., & Ulmer-Scholle, D. S., 2003, *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks : Grains, textures, porosity, diagenesis*. American Association of Petroleum Geologists.

Sujatmiko & Santosa., 1992, Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa, skala 1:100.000. Bandung: Pusat Survei Geologi.

Van Zuidam, R.A. 1983, Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping. ITC. Enshede The Netherland.

Wakila, M. H., Auliani Chalik, C., Asmiani, N., Salam Munir, A., Idris Juradi, M., & Annisa., 2021, Analisa Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Pada Daerah Waangu-Angu Kab. Buton Prov. Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOSAPTA*, *7*(1), 31–34.

Diterima : 11 Desember 2023
Direvisi : 7 Maret 2024
Disetujui : 31 Mei 2024

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para editor dan mitra bestari atas kerjasamanya dalam proses review lima makalah untuk edisi pertama Buletin Sumber Daya Geologi tahun 2024. Secara khusus, kami mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang berkontribusi sesuai keahliannya, antara lain Prof. Mega Fatimah Rosana, Ph.D, M.Sc, Prof. Euis Tintin Yuningsih, Ph.D, M.Sc, Dr. Ir. Rukmana Nugraha Adhi, DEA, M.T, Ir. Sabtanto Joko Suprapto, M.T, Ir. Bambang Pardiarto, Ir. Teuku Ishlah, Ir. Dwi Nugroho Sunuhadi dan Dr.rer.nat. Ernowo, ST, MT.

Kami mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah mengirimkan makalah ilmiahnya kepada sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi. Selain itu, ucapan terimakasih diucapkan kepada para kontributor foto yang telah berpartisipasi untuk mengisi Galeri Foto.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada semua unsur Dewan Redaksi dalam proses penyusunan dan penerbitan Buletin Sumber Daya Geologi Volume.19 Nomor.1, Tahun 2024. Semoga hadirnya Buletin Sumber Daya Geologi kepada masyarakat dan pihak-pihak yang berkepentingan dalam bentuk cetakan maupun digital secara *online* dapat memberikan informasi yang bermanfaat dan akurat tentang potensi sumber daya mineral dan energi di Indonesia.

Salam sehat dan tetap semangat.

**BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 19 Nomor 1 Tahun 2024 ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

---

## INDEKS PENULIS

A. Djumarma W
Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
Email: ade.wirakusumah@gmail.com

Andhi Cahyadi
PT Sebuku Iron Lateritic Ores
Email: andye_97@yahoo.com

Andri B Situmorang
Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
Email: andribrayensitumorang05@gmail.com

Aton Patonah
Universitas Padjadjaran
Email: a.patonah@unpad.ac.id

Bambang Pardiarto
Badan Riset dan Inovasi Nasional
Email: b.pardiarto@yahoo.com

Denni Widhiyatna
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Email: denni.widhiyatna@esdm.go.id

Gita Dela Christi
Politeknik Energi Dan Pertambangan Bandung
Email: gitadelac8@gmail.com

Iwan Nursahan
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Email: iwan.nursahan@esdm.go.id

Juan Aprilio Rafael L P
Universitas Padjadjaran
Email: Juansmbrg@gmail.com

Muh. Nanda Ardi Darmawan
Universitas Diponegoro
Email: nandadarmawan947@gmail.com

Prima M Hilman
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Email: prima.mh@esdm.go.id

Rinal Khaidar Ali
Universitas Diponegoro
Email: rinal@live.undip.ac.id

Sabtanto Joko Suprapto
Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
Email: sabtanto_js@gmail.com

Sarah Mutia
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Email: sarahmutia23@gmail.com

Tatik Handayani
Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Email: tatik.handayani@esdm.go.id

Sulistiyono
Politeknik Energi Dan Pertambangan Bandung
Email: sulis.geo96@gmail.com

Wahyu Budhi Khorniawan
Universitas Diponegoro
Email: wahyu.budhi@live.undip.ac.id

Wahyu Widodo
Badan Riset dan Inovasi Nasional
Email: wahyu.widodo@esdm.go.id

**BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI**

Volume 19 Nomor 1 Tahun 2024 ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

---

## INDEKS KATA KUNCI

Alterasi 1, 3-10, 22, 27-29, 31-38, 43-45
Asosiasi Fe 41, 51
Besi laterit 11, 12, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 41, 42, 46
Desa Lebak Tipar 55-57, 59, 60
Dunit 11, 14-18, 21, 23, 42, 43, 47, 48
Epitermal 1, 3, 8-10, 27, 37
*Grainstone* 55, 56, 61, 65, 66, 68
Hematit 1, 6, 7, 9-11, 16-24, 35
*Inverse distance weighting* 55, 56, 67
Kapayang 11-13, 15, 17, 19, 21, 23, 25
Laterit 11, 12, 16, 18-25, 41-43, 45-51, 53, 69
Litologi 1, 3, 5, 6, 8, 10, 14, 29, 41, 43, 44, 53, 55, 57-59, 68
Mineralisasi 1-3, 5, 7, 9, 11, 16, 17, 27-31, 33-38, 41, 42
*Mudstone* 55, 56, 61, 64, 65, 66, 68
*Packestone* 55, 56, 68
Polimetalik 27, 29, 31, 33, 37-39
*Red limonite* 41, 45, 46, 47, 49, 50, 53
Sebaran Fe 41, 43
Sekis 11, 13-17, 21, 22, 24
Sulfida menengah-tinggi 27
Sulfidasi tinggi 1, 3, 8-10
Tipe urat 27, 37, 38
*Wackestone* 55, 56, 61, 62, 65, 68
*X-Ray Fluoresence* 55, 56, 57, 64
*Yellow limonite* 41, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2024 ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

**Gita Dela Christi[1], Sulistiyono[1], Tatik Handayani[2] dan Denni Widhiyatna[2]**
**([1]Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, [2]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi)**

**ANALISIS ALTERASI DAN MINERALISASI BERDASARKAN PENGAMATAN MEGASKOPIK DAN MIKROSKOPIK PADA DAERAH PROSPEK X KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW, SULAWESI UTARA**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2024 Vol. 19 No. 1 Hal. 1 – 10**

**DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.436**

Lengan Utara Pulau Sulawesi merupakan jalur metalogenik yang kaya emas. Daerah penelitian berada di Desa Bakan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara pada wilayah IUP PT J. Resources Bolaang Mongondow. Eksplorasi untuk mendapatkan daerah prospek baru masih terus dilakukan, sehingga penelitian tentang karakteristik alterasi dan mineralisasi, diharapkan dapat menjadi acuan untuk ditemukannya daerah prospek baru. Identifikasi data permukaan dan bawah permukaan dilakukan secara megaskopik dan mikroskopik. Pengamatan mikroskopik dengan petrografi dan mineragrafi, untuk mendapatkan data permukaan dilakukan pengamatan alterasi, channel sampling dan grab sampling, sedangkan data bawah permukaan diperoleh dari pengeboran inti. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui alterasi, mineralisasi, oksidasi, dan tipe cebakan. Daerah penelitian memiliki litologi breksi hidrotermal, breksi diatrem, breksi sesar, dan breksi tuf. Alterasi yang berkembang berupa silika vuggy, silika masif, argilik lanjut, dan argilik. Mineralisasi berupa emas dan perak, serta dijumpai mineral sulfida berupa pirit, kalkopirit, sfalerit, enargit, kovelit, serta mineral oksida seperti gutit, jarosit, dan hematit. Tipe cebakan daerah penelitian berupa epitermal sulfidasi tinggi yang terbentuk pada kedalaman menengah, dengan bijih tipe oksida.

**Kata kunci**: epitermal, sulfidasi tinggi, litologi, alterasi, mineralisasi

**Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo**
**(Pusat Riset Sumber Daya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional)**

**KETERDAPATAN DAN GENESA CEBAKAN BIJIH BESI DAERAH KAPAYANG, KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2024 Vol. 19 No. 1 Hal. 11 – 25**

**DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.471**

Keterdapatan mineralisasi besi di bagian hulu Sungai Kusan, Kapayang, Kabupaten Tanah Bumbu bersifat indikatif yang memerlukan penelitian lanjutan untuk mengungkap karakteristik dan potensi cebakan bijihnya. Penelitian dilakukan menggunakan metode pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan, bijih besi dan tanah laterit serta pendulangan konsentrat material bijih besi yang digerus. Analisis laboratorium meliputi petrografi, mineragrafi, mineralogi butir dan geokimia. Bijih besi di daerah penelitian terdiri dari dua tipe cebakan yaitu besi primer dan besi laterit yang genesanya berhubungan dengan proses magmatisme, metamorfosis/metasomatik dan hidrotermal. Mineral bijih besi primer dalam batuan dunit terserpentinisasi didominasi magnetit dan hematit yang berasosiasi dengan kromit hasil dari proses magmatisme dan hidrotermal. Magnetit dalam batuan sekis/gneis berasosiasi dengan garnet dan pirit hasil dari proses metasomatik Mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan gutit merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Potensi target eksplorasi besi laterit 158.264 wmt yang mempunyai kandungan Fetotal berkisar antara 49,45 s.d. 54,89%. Kegiatan eksplorasi geokimia tanah selanjutnya disarankan dengan metode kisi dan pengambilan sampel menggunakan bor tangan pada zona lateritisasi untuk mendapatkan potensi sumber daya yang lebih optimal.

**Kata kunci**: besi laterit, Kapayang, hematit, dunit, sekis

**Iwan Nursahan[1], Juan Aprilio Rafael L. P.[2], Prima M. Hilman[1], dan Aton Patonah[2]**
**(**[1]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi Badan Geologi, [2]Jurusan Teknik Geologi, Universitas Padjajaran**)**

**KARAKTERISITIK ENDAPAN POLIMETALIK EMAS DAN LOGAM DASAR DAERAH DOLOK PANGKURUHAN, KECAMATAN PEGAGAN HILIR, KABUPATEN DAIRI, PROVINSI SUMATERA UTARA**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2024 Vol. 19 No. 1 Hal. 27 – 39**

**DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.480**

Beberapa kegiatan penyelidikan terdahulu di daerah Dolok Pangkuruhan, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara telah menemukan beberapa lokasi mineralisasi emas dan logam dasar. Tulisan ini membahas terkait karakteristik alterasi dan mineralisasi emas dan logam dasar berdasarkan hasil penyelidikan tahun 2023 dengan tujuan untuk menentukan karakteristik alterasi dan mineralisasi serta model tipe endapannya. Metoda penelitian yang digunakan meliputi pemetaan geologi semi rinci, alterasi dan mineralisasi, analisis XRD, spektral, mineragrafi, serta analisis inklusi fluida. Alterasi yang berkembang terdiri dari : argilik, argilik lanjut, filik-pirit dan filik-silisifikasi. Mineralisasi terdapat empat tipe: a. Urat Au-galena (Dolok Pangkuruhan) yang dicirikan adanya native gold dan tekstur urat bentuk kristalin dan colloform; b. Mineralisasi galena, sfalerit (Aek Sulfi), dengan ciri tekstur masif dan banded; c. urat kuarsa-silisifikasi-sfalerit-galena (Sungai Sembilin); d. urat kuarsa-bornit-kalkopirit (Sungai Sikiring-kiring). Hasil analisis inklusi fluida diinterpretasikan sebagai endapan epitermal dengan temperatur pembentukan mineralisasi berkisar 240oC s.d. 346oC. Berdasarkan analisis sekwen paragenesa dapat diinterpretasikan karakteristik mineralisasi sebagai model endapan polimetalik (Au-Pb dan Zn-Pb-Cu) tipe urat epitermal sulfida menengah – tinggi.

**Kata kunci**: Mineralisasi, polimetalik, tipe urat, epithermal, sulfida menengah-tinggi

BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

Terbit : Mei 2024 ISSN 1907-5367, eISSN 2580-1023

**Andri B. Situmorang[1], Sabtanto Joko Suprapto[1], A. Djumarma W[1], Denni Widhiyatna[2], Sarah Mutia[2], dan Andhi Cahyadi[3]**
**([1]Program Studi Teknologi Geologi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, [2]Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi)**

**SEBARAN UNSUR DAN ASOSIASI UNSUR Fe LATERIT BESI DAERAH BLOK X, PT SILO, PULAU SEBUKU, KALIMANTAN SELATAN**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2024 Vol. 19 No. 1 Hal. 41 – 53**

**DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.475**

Daerah penelitian berada di Blok X, PT SILO, Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan. Geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan ultrabasa yang telah mengalami serpentinisasi, sehingga potensial untuk terbentuknya mineralisasi besi laterit. Penelitian pada daerah ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kadar unsur secara vertikal dan lateral, serta asosiasi unsur Fe. Metode yang digunakan yakni pengeboran, analisis sampel menggunakan XRF, petrografi, dan analisis statistik matrik korelasi dan dendogram. Sebanyak 5.150 sampel dianalisis kandungan unsur Fe, Ni, P, Co, Si, Mg, Cr, Al, Mn, Ca, Na, K, dan Ti menggunakan metode XRF. Sebaran unsur Fe tinggi berada pada zona red limonite dengan kadar 40-55%, dan pada yellow limonite dengan kadar 40-52%. Litologi pada daerah dengan kandungan Fe tinggi tersebut berupa ultrabasa yang terserpentinisasi. Pada profil sebaran vertikal, peninggian kadar Fe juga berada pada zona red limonite – yellow limonite. Asosiasi unsur Fe pada daerah penelitian berdasarkan analisis dendogram dan matrik korelasi, memperlihatkan bahwa unsur Fe berasosiasi sangat kuat dengan unsur Co, Cr, dan Mn, berasosiasi sedang dengan unsur Ni. Fe mempunyai nilai korelasi negatif kuat dengan unsur Si dan Mg.

**Kata kunci**: Sebaran Fe, asosiasi Fe, red limonite, yellow limonite, laterit

**Muh. Nanda Ardi Darmawan, Rinal Khaidar Ali, dan Wahyu Budhi Khorniawan**
**(Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro)**

**STUDI GEOLOGI DAN LITOFASIES UNTUK MENENTUKAN KUALITAS BATUGAMPING SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN PADA PT CEMINDO GEMILANG (DESA LEBAK TIPAR, KECAMATAN CILOGRANG, KABUPATEN LEBAK, PROVINSI BANTEN)**

**Buletin Sumber Daya Geologi**

**BSDG Mei 2024 Vol. 19 No. 1 Hal. 55 – 69**

**DOI: https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.446**

Pabrik semen PT. Cemindo Gemilang yang terletak pada Kabupaten Lebak telah melakukan banyak kegiatan eksplorasi dimana pada kawasan ini juga memiliki potensi adanya sumber daya batugamping. Pada dasarnya pada daerah penelitian memiliki potensi batugamping yang cukup besar dan belum pernah dilakukan penambangan. Oleh karena itu penelitian ini dapat membantu untuk mengetahui kondisi geologi di daerah penelitian meliputi geomorfologi, litologi, dan struktur geologi serta penentuan zona prospek mengenai sebaran kualitas yang baik berdasarkan hasil pemodelan yang nantinya dapat dilakukan untuk kegiatan penambangan. Lokasi penelitian terdapat pada Desa Lebak Tipar, Kecamatan Cilograng, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Adapun metode yang digunakan yaitu pemetaan geologi, analisis petrografi, dan analisis geokimia serta dilakukan pemodelan berdasarkan metode Inverse Distance Weghting (IDW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun atas empat litologi yaitu dari yang paling muda hingga tua adalah batupasir, batugamping, batulempung (Formasi Citarate) dan batulempung (Formasi Cijengkol) dengan struktur yang berkembang yaitu adanya indikasi patahan. Berdasarkan analisis petrografi yang dilakukan daerah penelitian terbagi menjadi empat litofasies diantaranya yaitu wackestone, packstone, dan grainstone yang menunjukkan adanya kualitas baik dengan kadar CaO yang tinggi sekitar >50% sedangkan pada litofasies mudstone memiliki kualitas yang buruk dikarenakan memiliki kadar CaO yang rendah sekitar <50%. Berdasarkan analisis pada sampel permukaan dan bawah permukaan menunjukkan pada daerah penelitian yang memiliki kualitas batugamping baik didominasi di bagian tengah hingga barat kavling sedangkan pada batugamping yang memiliki kualitas buruk terdapat di bagian timur kavling.

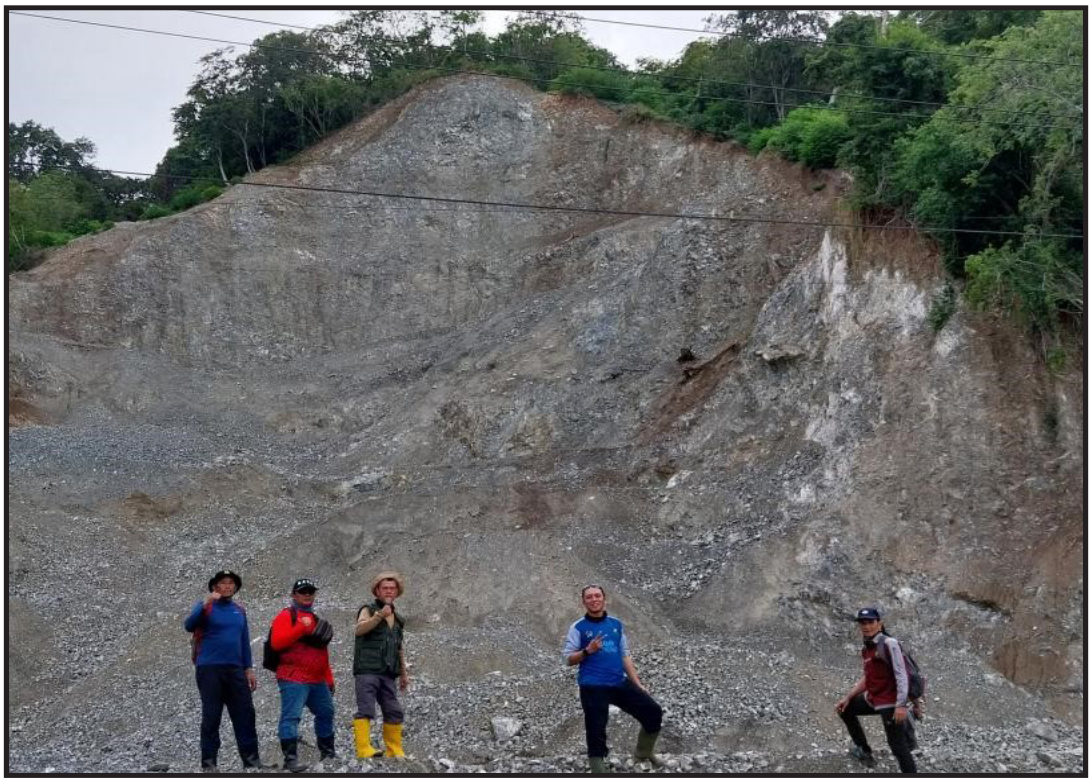
**Kata kunci**: Desa Lebak Tipar, X-Ray Fluoresence, inverse distance weighting, mudstone, wackestone, packestone, grainstone




Mineralisasi Logam Dasar (Pb-Zn) pada Urat Kuarsa-Sulfida di Daerah Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan (Edya Putra, 2024)




Stockwork dengan Mineralisasi Utama Cu-Au pada Zona Ubahan Potasik di Daerah Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan (Edya Putra, 2024)



Batuan Ultrabasa yang Dimanfaatkan untuk Tanah Urug di Daerah Salodik, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Candra, 2024)



Batuan Ultrabasa yang Mengalami Pelapukan dan Dimanfaatkan Sebagai Objek Wisata, Pulau Dua, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Candra, 2024)



Mineral Magnesit yang Berasosiasi dengan Batuan Ultrabasa di Daerah Lobu, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Candra, 2024)



Singkapan Batuan Ultrabasa di Daerah Salodik, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Candra, 2024)



Singkapan Batuan Ultrabasa di daerah Balantak dan Salodik, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Candra, 2024)



Kenampakan Air Sungai yang Berada di Lahan Gambut, Desa Sarang Burung Kuala, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Awan Hujan yang Mengarah ke Perkebunan Buah Naga yang Terhampar di Lahan Gambut, Desa Sekura, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Morfologi Lingkungan di Sekitar Lahan Gambut, Desa Sarang Burung Usrat, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Penerbangan Drone pada Kegiatan Akuisisi Data LiDAR, Desa Sarang Burung Danau, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Penggunaan Drone pada Kegiatan Akuisisi Data LiDAR, Desa Sarang Burung Danau, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Proses Singronisasi Drone dan DRTK-2 Mobile Station, Desa Dungun Laut, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat (Eko Suryanto, 2024)



Rutinitas Anak-anak Berenang di Sungai yang Dialiri Air Resapan Gambut Berwarna Hitam Kecoklatan, Desa Sarang Burung Kolam, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat (Eko Suryanto, 2024)



Kegiatan Pemasangan DRTK-2 Mobile Station Pada Kegiatan Akuisisi Data LiDAR, Desa Merubung, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Monitoring Proses Akuisisi Data LiDAR pada Layar Monitor Remote Drone Matrice 300, Desa Sarang Burung Danau, Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Kenampakan Gua Pawon di Perbukitan, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Pulau Kecil di Tengah Situ Ciburuy, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat
(Eko Suryanto, 2024)



Kenampakan Gunungapi Ile Boleng dengan Status Level I (Normal), Terakhir Meletus pada Tahun 1885, Larantuka, Kabupaten Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur (Eko Suryanto, 2024)



Kenampakan Batuan Vulkanik yang Terhampar di Kaki Gunungapi Guntur, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat (Eko Suryanto, 2024)

# PEDOMAN PENULISAN

Makalah/Karya Tulis Ilmiah
BULETIN SUMBER DAYA GEOLOGI

## ISI DAN KRITERIA UMUM

Naskah makalah/karya tulis ilmiah untuk publikasi di Buletin Sumber Daya Geologi dapat berupa artikel hasil penelitian, ulas balik (*review*) dan ulasan/tinjauan (*feature*) tentang geologi baik sains maupun terapan terutama berkaitan dengan tugas pokok dan fungsi Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Naskah yang diajukan belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada publikasi lain.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris sesuai kaidah masing-masing bahasa yang digunakan. Judul naskah ditulis dengan huruf besar (*capital*) di tengah atas halaman dan di cetak tebal (*bold*). Naskah harus selalu dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan *Abstract* dalam bahasa Inggris. Kata-kata bahasa asing yang tidak dapat dialih bahasa/disadur dicantumkan dalam bentuk asli dan ditulis dengan huruf miring (*italic font*).

## FORMAT

### UMUM

Seluruh bagian dari naskah termasuk Sari, *Abstract,* judul tabel dan gambar, catatan kaki tabel, keterangan gambar dan daftar acuan diketik satu spasi dalam bentuk *electronic file* dan dicetak pada kertas HVS A4; menggunakan huruf Arial berukuran 11 *point*. Setiap lembar tulisan dalam naskah diberi nomor halaman dengan jumlah maksimum 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Susunan naskah dibuat sebagai berikut:

| NO | POKOK BAHASAN | POKOK PIKIRAN |
|---|---|---|
| I | **Judul** (*Title*) | Pada halaman judul makalah/karya tulis dicantumkan nama setiap penulis dengan jumlah penulis maksimum 5 orang, nama dan alamat institusi bagi masing-masing penulis; disarankan dibuat catatan kaki yang berisi nomor telepon, faxcimile serta email. |
| II | **Abstrak dan *Abstract*** | Berisi ringkasan pokok bahasan lengkap dari keseluruhan isi naskah seperti latar belakang (yaitu berupa alasan ilmiah ataupun alasan keperluan penting mengapa tulisan ini dipublikasikan), obyek yang diteliti, permasalahan riset, tujuan riset, kegunaan hasil riset, metode yang digunakan dalam mencapai solusi riset tanpa harus memberikan keterangan terlalu rinci dari setiap bab, dengan jumlah maksimum 250 kata. Abstrak dicantumkan terlebih dahulu apabila naskah berbahasa Indonesia, sementara *Abstract* tercantum di bawah Abstrak; dan berlaku sebaliknya apabila naskah ditulis dalam bahasa Inggris. Disarankan disertai kata kunci/*keyword* yang ditulis di bawah Abstrak/*Abstract*, terdiri dari 4 hingga 6 kata. *Abstract* atau abstrak yang ditulis di bawah abstrak atau *abstract* menggunakan *italic font*. |

| | | |
|---|---|---|
| **III** | **Pendahuluan**<br>*(Introduction)* | Bab ini dapat berisi latar belakang (alasan ilmiah dan maksud penelitian fenomena aktual bermasalah sebagai tema sentral penelitian), masalah aktual yang perlu solusi, pengantar tentang profil wilayah/lokasi kajian/riset, tujuan penelitian, spesifik, metode riset, hipotesis (kalau ada) dengan gaya bahasa lebih populer dengan bab dan sub-bab tidak perlu menggunakan nomor. Bab berisi pernyataan yang mencukupi sehingga pembaca dapat memahami dan mengevaluasi hasil penyelidikan/penelitian yang berkaitan dengan topik makalah/karya tulis. |
| **IV** | **Metodologi**<br>*(Methodology)* | Metode yang digunakan harus spesifik dan jelas, mencakup uji-uji hipotesis atau model-model uji statistik, dapat menghimpun data primer/*sampling*, cara pengukuran dan komputasi. |
| **V** | **Hasil dan Pembahasan**<br>(*Results and Discussion*) | Berisi hasil-hasil penyelidikan/penelitian yang disajikan dengan tulisan, tabel, grafik, gambar maupun foto diberi nomor secara berurutan. Hindarkan penggunaan grafik secara berlebihan apabila dapat disajikan dengan tulisan secara singkat. Pencantuman foto atau gambar tidak berlebihan dan hanya mewakili hasil penemuan. Semua tabel, grafik gambar dan foto yang disajikan harus diacu dalam tulisan dengan keterangan yang jelas dan dapat dibaca. *Font* huruf/angka untuk keterangan tabel, gambar dan foto berukuran minimum 6 *point.*<br><br>Berisi tentang analisis/interpretasi dan bahasan singkat mengenai penjabaran hasil verifikasi/validasi yang ditekankan kepada kejelasan penelitian, keterlibatan aneka variabel dan peristiwa atau produk dari penelitian tersebut. |
| **VI** | **Kesimpulan dan Saran**<br>(*Conclusions and Recommendation*) | Berisi kesimpulan dan saran dari hasil uji hipotesis tentang penelitian, dan berisi segitiga konsistensi (masalah, tujuan dan kesimpulan). |
| **VII** | **Ucapan Terima Kasih**<br>(*Acknowledgements)* | Dapat digunakan untuk menyebutkan sumber dana penyelidikan/penelitian dan untuk pernyataan penghargaan kepada institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penyelidikan/penelitian dan penulisan makalah/karya tulis. |
| **VIII** | **Acuan** (*References*) | Acuan ditulis dengan menggunakan sistem nama tahun, nama penulis/pengarang yang tercantum didahului oleh nama akhir (*surname*), disusun menurut abjad dan judul makalah/karya tulis ditulis dengan huruf miring (*italic font*) |

**Beberapa contoh penulisan sumber acuan:**

**Jurnal**

Harvey, R.D. dan Dillon, J.W., 1985. *Maceral distribution in Illinois cals and their palaeoenvironmental implication*. International Journal of Coal Geology, 5, h.141-165.

**Buku**

Petters, W.C., 1987. Exploration and Mining Geology. John Willey & Sons, New York, 685 h.

**Bab dalam Buku**

Chen, C.H., 1970. Geology and geothermal power potential of the Tatun volcanic region. Di dalam : Barnes, H.L. (ed.), 1979. Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, h.632-683.

**Prosiding**

Suwarna, N. dan Suminto, 1999. *Sedimentology and Hydrocarbon Potential of the Permian Mengkarang Formation, Southern Sumatera*. Proceedings Southeast Asian Coal Geology, Bandung.

**Skripsi/Tesis/Disertasi**

DAM, M.A.C., 1994. The Late Quarternary evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia. Ph.D Thesis at Dept. of Quarternary Geology Faculty of Earth Science Vrije Universitet Amsterdam, h.1-12.

**Informasi dari Internet**

Cantrell, C., 2006. Sri Lanka's tsunami drive blossom : Local man's effort keeps on giving.Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankas_tsunami_ Drive_blossoms/[26 Jan 2006].

**Wewenang Redaksi**

- Redaksi berwenang penuh melakukan penyuntingan atas naskah yang akan dipublikasikan tanpa mengubah subtansi isi naskah.
- Redaksi mempunyai hak dan wewenang penuh untuk menolak naskah dengan isi dan format yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Buletin Sumber Daya Geologi dan tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut.

**Pengiriman Naskah**

Penulis dimohon untuk mengirimkan 1 eksemplar naskah asli baik *hardcopy* maupun *softcopy* kepada:

Sekretariat Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Umum, Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung, 40254
Telepon. (022) 520 2698, 522 6270
Fax. (022) 522 6270, 522 6263
Email: buletinpsdg@gmail.com
OJS: http://buletinsdg.geologi.esdm.go.id

Semua tulisan yang ada dalam **Buletin Sumber Daya Geologi** bukan merupakan cerminan sikap dan atau pendapat **Dewan Redaksi Buletin Sumber Daya Geologi**.
Tanggung jawab terhadap isi atau akibat dari tulisan tetap terletak pada penulis.

# SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/
Badan Riset dan Inovasi Nasional

RISTEK-BRIN

Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Nomor 200/M/KPT/2020
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode III Tahun 2020
Nama Jurnal Ilmiah

**Buletin Sumber Daya Geologi**

E-ISSN: 25801023

Penerbit: Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

## TERAKREDITASI PERINGKAT 2

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 15 Nomor 2 Tahun 2020 sampai Volume 20 Nomor 1 Tahun 2025

Jakarta, 23 Desember 2020
Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Republik Indonesia,

Bambang P. S. Brodjonegoro

**Alamat Redaksi**
Buletin Sumber Daya Geologi
Bagian Umum, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi
Jalan Soekarno Hatta No. 444 Bandung 40254
Tel. (022) 522 6270, 520 2698, Fax: (022) 522 6263
Website : http://psdg.geologi.esdm.go.id
OJS: http://buletinsdg.geologi.esdm.go.id
Email: buletinpsdg@gmail.com

ISSN 1907-5367
9 771907 536770

eISSN 2580-1023
9 772580 102009