

Getme

PEP BANDUNG

Majalah Geologi, Tambang, dan Metalurgi

**Pulau Merah:
The World Class Exposure
Potensi Litium Pada Brine**



MENULIS JADI GAYA HIDUP DI KAMPUS PEPB

Sebagai mahasiswa di lingkungan kampus yang fokus pada energi dan pertambangan, kemampuan menulis menjadi sangat penting dan dapat memberikan banyak manfaat.

Atas dasar itu dipandang perlu kampus menyediakan wadah berupa Majalah Populer untuk menampung tulisan para mahasiswa. Berdirilah GETME Dimana tahun 2024 memasuki tahun ketiga. Untuk mendukung kemampuan mahasiswa Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung dalam menulis artikel ilmiah, pihak kampus memberikan bimbingan, dan fasilitas yang memadai. Kolaborasi dengan dosen dan peneliti senior. Selain itu peran dosen Bahasa Indonesia dan Teknik Penulisan Laporan juga akan sangat membantu.

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari kepandaian menulis di antaranya:

Komunikasi Ilmiah yang Efektif

Kemampuan menulis yang baik memungkinkan mahasiswa untuk menyampaikan ide, hasil penelitian, dan gagasan teknis secara jelas dan terstruktur. Hal ini sangat berguna dalam menyusun laporan proyek, makalah ilmiah, dan presentasi di kelas maupun konferensi.

Pengembangan Diri

Menulis membantu mahasiswa untuk mengasah kemampuan berpikir kritis, analitis, dan kreativitas. Latihan menulis yang konsisten dapat

meningkatkan kemampuan berbahasa, organisasi ide, dan daya ekspresif mahasiswa.

Peluang Akademik

Kemampuan menulis yang baik membuka peluang bagi mahasiswa untuk mempublikasikan karya ilmiah di jurnal atau mengikuti kompetisi esai. Hal ini dapat meningkatkan prestasi akademik dan memberikan pengalaman berharga.

Pengembangan Karier

Dalam bidang energi dan pertambangan, kemampuan menulis yang baik sangat dihargai, misalnya dalam membuat proposal proyek, laporan teknis, dan dokumen profesional lainnya. Mahasiswa yang mahir menulis akan memiliki keunggulan kompetitif dalam memasuki dunia kerja.

Dokumentasi Pengetahuan

Menulis membantu mahasiswa untuk mendokumentasikan pengetahuan, pembelajaran, dan pengalaman selama studi. Catatan dan tulisan mahasiswa dapat menjadi sumber referensi yang berharga di masa depan.

Dengan demikian, mengembangkan budaya menulis di kalangan mahasiswa Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

merupakan investasi yang sangat berharga bagi masa depan mereka. Kemampuan mahasiswa Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung dalam menulis artikel ilmiah yang siap diterbitkan di jurnal terakreditasi di luar kampus memiliki banyak manfaat, antara lain:

Peningkatan Reputasi Akademik

Publikasi artikel ilmiah di jurnal terakreditasi dapat meningkatkan reputasi dan kredibilitas akademik mahasiswa. Hal ini akan membuka lebih banyak peluang bagi mahasiswa, baik dalam penelitian, beasiswa, maupun karier di masa depan.

Pengembangan Kompetensi Penelitian

Proses penulisan artikel ilmiah mengasah kemampuan mahasiswa dalam melakukan penelitian, menganalisis data, dan menyajikan hasil secara sistematis. Pengalaman ini sangat berharga untuk pengembangan diri sebagai peneliti muda.

Visibilitas dan Dampak Ilmiah

Publikasi di jurnal terakreditasi akan meningkatkan visibilitas karya mahasiswa dan memberikan dampak pada komunitas ilmiah yang lebih luas. Hal ini dapat memicu kolaborasi, umpan balik, dan pengakuan dari sesama peneliti di bidang yang sama.

Networking dan Kesempatan Karier

Menulis artikel ilmiah dan mempublikasikannya di jurnal yang bereputasi dapat membangun koneksi profesional bagi mahasiswa. Prestasi ini dapat menjadi nilai tambah yang menarik bagi calon pemberi kerja di industri energi dan pertambangan.

Pengalaman Berharga

Proses menulis artikel ilmiah yang siap terbit memberikan pengalaman berharga bagi mahasiswa. Mereka akan belajar tentang standar penulisan ilmiah, proses review, dan publikasi yang berlaku di komunitas akademik.

Priatna

ISSN: 2830-599X
VOLUME III NO. 1 - JUNI 2024



PENANGGUNG JAWAB

Asep Rohman
Tedi Yunanto

PEMIMPIN REDAKSI

Priatna

WAKIL PEMIMPIN REDAKSI

Mesias Citra Dewi

KETUA DEWAN REDAKSI

Oman Abdurahman

DEWAN REDAKSI

Imelda E.R. Hutabarat
Suparno
Sabtanto Joko Suprpto
Asep Mohamad Ishaq Shiddiq

REDAKTUR PELAKSANA

Dadang Zaelani
Ayu Ratnawulansari, S.Pd.

STAF REDAKSI

Gina Maulida
Grace Aura Lovetine
Nabiila Fauziyah Hardian
M. Haikal Zafar Sidik
Muhammad Rafli Baasituta
TB Thoriq Zikri Fatih

SEKRETARIAT

Icha Viozlia Ananda
Apriyanti

ALAMAT REDAKSI

Politeknik Energi
dan Pertambangan Bandung
Jl. Jend. Sudirman No. 623
Bandung 40211,
Telp: 0822-1999-5001,
Email:
getme.pepbandung@gmail.com
Website: <https://pepbandung.ac.id>

GetmePop



79 Menelusuri Jejak Tambang dan Metalurgi Era Nabi Sulaiman

Getme Populer

- | | |
|--|--|
| 5 Deposit Emas Tipe Carlin | 36 Bagaimana Kromit Terbentuk? Bowen Menjawab |
| 8 Alloy dan Dealloying Emas: Emas Sekunder Semakin Murni | 39 Mengenal Laterit, Hasil Pelapukan yang Sedang <i>Hit</i> |
| 12 Mengapa di Lokasi Tambang Emas Urat Kuarsa Rawan longsor? | 44 Silika Boxwork pada Laterit Nikel |
| 17 Mengenal Deposit Skarn | 47 Eksplorasi Emas Hitam |
| 19 Memahami Deposit Timah Terbentuk lebih dalam Dibandingkan Tembaga Porfiri | 52 Potensi Lithium Pada Brine |
| 23 Gossan Indikator Keterdapatn Deposit Bijih | 56 Pemetaan Wilayah Administrasi Desa dengan Drone |
| 26 "Dan Kamu Mengeluarkan Dari Lautan Itu Perhiasan yang Kamu Pakai" | 59 Potensi Mineral Kritis Sebagai Kunci Transisi Energi di Indonesia |
| 31 Pulau Merah: <i>The World Class Exposure</i> | 63 Air Penyelamat |



Pulau Merah
difoto dari tenggara

Artikel

- 66 Buggy Whip: Bukan Bendera Biasa
- 68 X-Ray Fluorescence Pengujian Komposisi Kimia Sampel Cepat dan Mudah
- 71 Praktikum Penggerusan Bijih Emas Menggunakan Ball Mill



- 76 Pengujian Derajat Liberasi Menggunakan SEM Teknologi Laboratorium Canggih
- 76 Karakteristik Bauksit dan Proses Pencucian
- 87 Rahasia di Balik Rockwool

Bincang Kembali Energi Bersih: Dari MRE hingga Mineral Kritis

Di pertengahan 2023 yang lalu, seorang *blogger* dunia, tampak meloncat-loncat di atas landasan panel surya yang membentang 200 hektar di bendungan Cirata, Jawa Barat.

Dalam video durasi satu menit yang kemudian viral di seluruh dunia itu, ia tak henti-hentinya mengapresiasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terbesar se-Asia Tenggara tersebut. Maka, citra Indonesia sebagai negara yang peduli pada energi bersih pun terangkat walau sesaat. Namun, ada pertanyaan penting, seberapa siap kita dari sisi ketersediaan, penambangan dan pengolahan mineral yang dibutuhkan untuk transisi ke energi bersih itu? Sebelumnya, beberapa hal menarik untuk disoroti keterkaitannya, yaitu: MRE (*Meals Ready to Eat*); biofuel, dan mineral kritis.

MRE di tahun lalu juga ramai diperbincangkan. Meski sebenarnya alat semacam ini sudah pernah muncul buatan seorang pengusaha asal Solo, namun MRE *made in* luar yang kini tenar. Pertanyaan penting terkait MRE tentu saja: "Apa sumber energinya?" "Apakah berbahan mineral?" Ada yang bilang, bahwa sumber energi alat itu adalah reaksi kimia eksotermal biasa dengan bahan baku antara lain (mineral) alumunium. Jelas ini, peran mineral seperti alumunium akan lebih meningkat lagi, mengingat penggunaan alat semacam MRE ke depan akan semakin meningkat, seperti pemakaian air minum dalam kemasan (AMDK), karena kepraktisannya.

Biofuel, kaitannya dengan reklamasi lahan bekas tambang, perlu dikaji. Ada dua hal penting dalam kaitan ini. *Pertama*, peran biomassa sebagai sumber energi, terutama di pedesaan atau masyarakat bawah di perkotaan. *Kedua*, alternatif lain untuk bahan baku biofuel selain sawit, mengingat berbagai "kelemahan" sawit. Tantangannya: "Apakah mungkin program reklamasi dirancang untuk sekaligus menyediakan bahan baku biomassa dan biofuel dengan catatan, biofuel ke depan tidak hanya sawit, namun ada komoditi lain yang lebih *environmentally friendly*?" Memang, per regulasi saat ini, hal ini sulit dilakukan. Namun, bukankah regulasi itu hanya kesepakatan orang yang sangat mungkin untuk diubah, apalagi diubah agar menjadi lebih baik untuk kemaslahatan kehidupan

berbangsa dan bernegara ke depan?

Tentang mineral kritis, apakah itu? Tak perlu susah payah mencari definisinya, kita rujuk saja versi Pemerintah yang terbit tahun lalu: "mineral kritis merupakan mineral yang mempunyai kegunaan penting untuk perekonomian nasional dan pertahanan keamanan negara yang memiliki potensi gangguan pasokan dan tidak memiliki pengganti yang layak" (Kepmen ESDM No. 296.K/MB.01/MEM.B/2023). Sebagaimana dalam lampiran regulasi ini, ada sebanyak 47 jenis mineral kritis, merentang mulai dari alumunium (Al) hingga Zirkonium (Zr). Sepuluh diantaranya yang sudah sangat dikenal dan kini gencar dicari adalah (dalam kurung: komoditi tambang-nya): alumunium (bauksit), besi (bijih besi, pasir besi), kobal (kobal), kromium (kromium), litium (litium), logam tanah jarang/LTJ (LTJ), mangan (mangan), nikel (nikel), dan silika (pasir kuarsa, kuarsit, kristal kuarsa). Dimana, LTJ itu sendiri terdiri dari berbagai mineral/unsur.

Pemerintah Indonesia menyadari betapa strategisnya mineral kritis itu, sehingga menerbitkan regulasi yang memuat daftar mineral kritis, kriteria penetapan; dan acuan usaha, penambangan, dan pengelolaannya. Implikasi semua itu untuk bidang geologi, tambang, dan metalurgi (getme), jelas sekali. Misalnya, bagaimana menghemat cadangan nikel kita yang kini semakin menipis, demikian juga alumunium yang sudah ramai diburu; kandungan LTJ pada endapan timah, dan logam-logam lainnya. Bagaimana pula penambangan dengan prinsip geometalurgi dan konservasi mineral (strategi menghemat dan penerapan *good mining practice*) diterapkan. Sebagaimana halnya hilirisasi serta inovasi dalam metalurgi terkait, guna penghematan dan nilai tambah dari semua kekayaan alam kita itu. Yang sudah di depan mata terkait energi bersih berbasis PLTS: "Bagaimana agar kita secara mandiri dapat mengubah silika kita menjadi panel surya yang siap pakai untuk PLTS?".[]

Oman Abdurahman

Deposit Emas Tipe Carlin

Oleh: Putri Rindu Bunga Kasih



Batu gamping koral berubah menjadi silika mengandung emas, sedikit mengandung karbonat, kekerasan 7. Lokasi di Pantai Ayah, Kebumen, Jawa Tengah, dapat digunakan untuk bahan batu cincin atau ornamen.

Carlin merupakan nama kota dibagian utara Nevada Tengah, Amerika Serikat. Eureka.co tahun 1961 pertama kali menemukan tambang emas tipe Carlin. Deposit emas di Carlin telah diproduksi selama 70 tahun. Dijumpai lebih dari 40 lokasi endapan emas tipe Carlin di Nevada dan Utah, dengan jumlah produksi mencapai 66 juta hingga 120 juta ons emas untuk seluruh endapan. Endapan tipe Carlin merupakan endapan emas utama yang di produksi di Nevada (Bonham,1989).

Endapan tipe Carlin memiliki karakteristik yang sangat spesifik dengan ciri-ciri yaitu batuan pembawa atau *host rock* berupa sedimen karbonat, umumnya batu gamping. Emas yang di jumpai tersebar dan umumnya berukuran *micron*. Tipikal endapan emas tipe Carlin terbentuk sebagai butiran berukuran mikro yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang atau dikenal sebagai *nosseum gold*.

Endapan tipe Carlin disebut juga sebagai endapan emas *invisible* karena ukuran partikel logam emas yang dominan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, dapat dikenali dengan pengujian laboratorium geokimia. Pada tipe ini, emas terbentuk bersama dengan merkuri, antimon, dan arsenik. Bijih tipe Carlin pada umumnya mengandung 8 ppm Au, 25 ppm Hg, 100 ppm Sb, 400 ppm As dan 10-15 ppm Tl.



Deposit emas tipe Carlin di Jugan, Serawak Malaysia

Radtke, (1974, dalam Bagby & Berger, 1986) menggolongkan endapan tipe Carlin dengan karakteristik: berbutir halus, komposisi mineral sederhana dan relatif seragam, dengan konsentrasi antimon, merkuri dan arsenik yang tinggi, kandungan logam dasar yang rendah, dan kehadiran urat kuarsa dalam jumlah minimal, dan dengan mineral pengotor dari golongan sulfida (berupa pirit). Ferdock (2002) mengemukakan bahwa batuan karbonat sebagai batuan pembawa mengandung karbon sebanyak 0,5% berat.

Kalsium karbonat (CaCO_3) mudah larut oleh hidrotermal yang bersifat netral lebih-lebih hidrotermal bersifat asam. Proses terbentuknya endapan emas tipe Carlin yaitu larutan hidrotermal yang membawa unsur-unsur terlarut menerobos batuan karbonat. Batu gamping yang tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO_3) tergantikan atau mengalami *replecement* oleh silika (SiO_2) yang dibawa oleh larutan hidrotermal sehingga disebut *karbonat tersilisifikasi*. Proses ini

mengubah batu gamping yang umumnya memiliki kekerasan 3 Mosh menjadi 7 Mosh, akibat silika (SiO_2) yang menggantikan kalsium karbonat (CaCO_3). Pada karbonat tersilisifikasi ini masih sedikit berbuih apabila ditetesi HCl. Hal ini karena *host rock*-nya yang berupa batu gamping (karbonat) mudah bereaksi dengan asam klorida (HCl) yang mana pada proses silisifikasi kalsium karbonat ini tidak menyebabkan CaCO_3 sepenuhnya tergantikan oleh (SiO_2). Sehingga kalsium karbonat yang tersisa memberikan reaksi positif apabila ditetesi HCl.

Pengkayaan emas yang dihasilkan oleh sirkulasi hidrotermal banyak mengandung unsur-unsur logam emas dan logam lainnya seperti perak (Ag), arsenik (As), merkuri (Hg), antimon (Sb), talium (Tl), dan barium (Ba). Logam-logam ikutan tersebut berpotensi menjadi produk sampingan.

Endapan tipe Carlin disebut juga dengan Jasperoid. Karena terbentuk dari proses silisifikasi atau penggantian mineral oleh



Bijih emas *sediment hosted*, dengan *host rock* serpih karbonatan.

silika sehingga deposit bijih Carlin didominasi oleh silika seperti halnya dengan jasper. Deposit ini terbentuk dari batuan asal batuan karbonat, umumnya didominasi oleh fragmen skeletal berupa fosil foraminifera planktonik, foraminifera besar, alga, dan terumbu karang. Batu gamping mengalami proses tersilisifikasi hanya berupa *replacement*, oleh sebab itu tekstur dari batuan asli tidak banyak berubah. Bentuk-bentuk dan struktur dari fosil masih bisa dijumpai pada bijih Carlin. Bijih Carlin disebut juga jasper, termasuk batu ornamental atau batu hias yang kerap digunakan dalam kerajinan batu permata. Tekstur dan warnanya membuat batu atau bijih Carlin memiliki nilai estetika yang tinggi. Tak heran jika batu Carlin ini dapat dijadikan batu cincin dengan nilai jual tinggi.

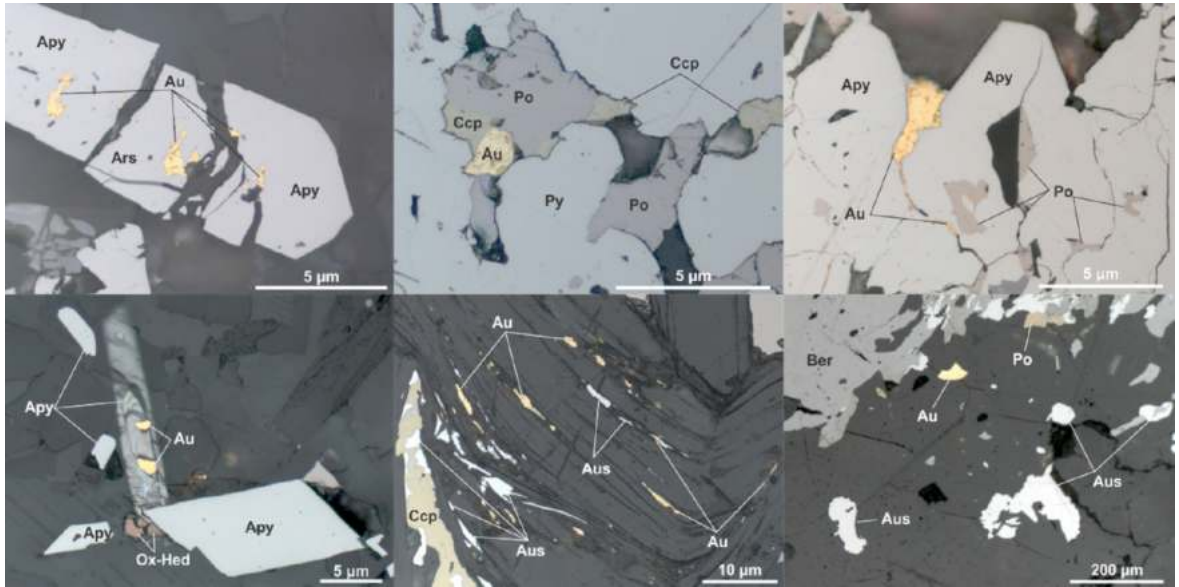
Endapan emas tipe Carlin ditemukan juga di Indonesia. Di Daerah Rataotok Selatan, Kecamatan Rataotok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara merupakan daerah



Bijih emas tipe Carlin mengandung arsen, antimon, dan merkuri. Lokasi di Tambang Mesel, Rataotok, Minahasa Tenggara (Tain, dkk., 2003).

yang pernah menjadi penghasil emas tipe Carlin (Hofstra dan Christensen, 2002; Berger et al., 2014) yaitu diproduksi oleh PT Newmont Minahasa Selatan. Jasperoid atau Carlin juga ditemukan di Pantai Ayah, Kebumen, Jawa Tengah, serta di Desa Lumut, Aceh Timur.

Penulis:
Mahasiswi Teknologi Geologi Angkatan 2022



Emas *native* pada cebakan primer (*hypogene*) bijih sulfida (gambar mikroskopik). Apy—arsenopirit, Au—emas, Aus—aurstibit, Po—pyrrhotit, Py—pirit, Ccp—kalkopirit, Ox-Hed—oxidized hedleyite, Ber—berthierite (Silyanov, dkk., 2021)

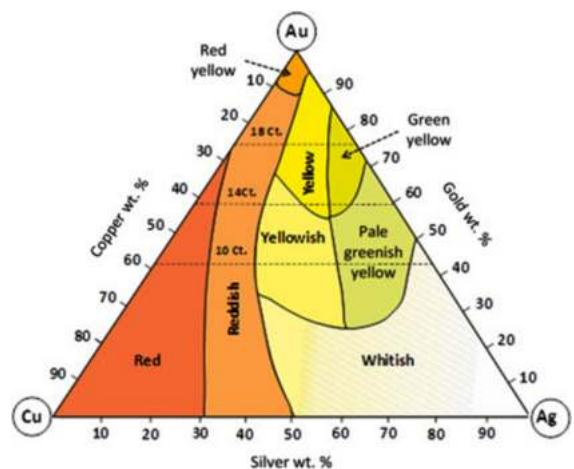
Alloy dan Dealloying Emas: Emas Sekunder Semakin Murni

Oleh : Aisha Permatasari

Emas Sebagai Alloy

Emas sebagai *native*, di alam membentuk paduan logam (*alloy*) bersama dengan perak dan tembaga, mempunyai beragam warna, dengan warna utama kuning, mengandung variasi warna keputihan, kehijauan, dan kemerahan. Warna paduan logam emas tersebut tergantung pada proporsi kandungan persen berat antara emas, perak, dan tembaga. Paduan logam tersebut dapat mengalami proses *dealloying* di lingkungan sekunder menghasilkan emas semakin murni

Pada pembentukannya, emas merupakan agregasi elektron (*alloy*) yakni berupa partikel padat yang memiliki dimensi dalam kisaran 1 hingga 100 nm (sampai m). Partikel koloid dapat memiliki ukuran yang sama (biasanya 1–1000 nm) tersebar secara stabil di media lain terdiri dari beberapa bahan, seperti larutan air. Jadi, istilah koloid tepat pada



Warna paduan logam emas, perak, dan tembaga (Cuie Wen, 2021)

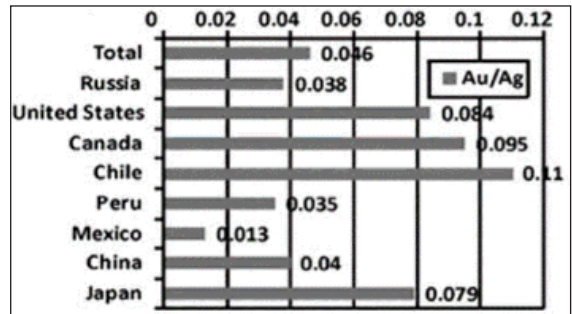
sistem hidrotermal yang mengangkut partikel-partikel kecil ini. Pada abad ke-20, para peneliti mengemukakan tentang pentingnya koloid

pada genesis bijih oleh aktivitas hidrotermal, khususnya pembentukan cebakan emas epitermal. Dalam sistem hidrotermal koloid tidak hanya membawa emas di dalamnya, namun terdapat pula tembaga, perak, dsb.

Rasio Au : Ag

Analisis statistik deposit epitermal global terhadap Au-Ag dari berbagai negara dilakukan. Khususnya menentukan rasio Au-Ag. Hal ini dilakukan untuk mempelajari variabilitas Au/Ag dalam berbagai kondisi geologi. Endapan epitermal dibagi ke dalam sub tipe (LS, HS, IS) dan nilainya (Au, Ag) dan rasio (Ag/Au, Au/Ag), diperoleh sebagai berikut: LS – 1,87, 42,27 dan 22, 0,045; HS – 1,21, 24,58 dan 20,43, 0,049; IS – 1,95, 42,1 dan 26,1, 0,038. Distribusi cebakan berdasarkan sub tipe adalah sebagai berikut: 346 LS, 98 HS, 71 IS. Jadi tipe HS dan tipe LS mempunyai kandungan Au lebih tinggi daripada IS (Volkov, dkk., 2016).

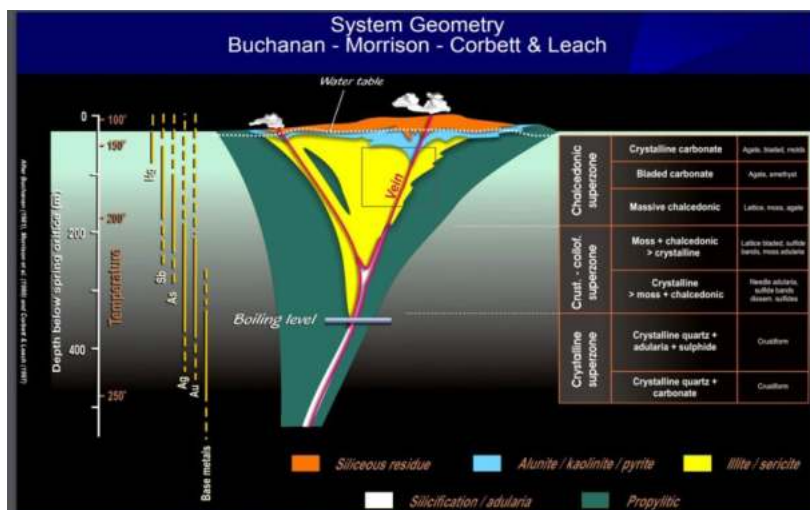
Koloid membawa lebih dari satu mineral di dalam sistem hidrotermal, termasuk Au dan Ag. Au dan Ag adalah dua jenis logam berharga yang selalu berasosiasi. Namun, keberadaan Ag akan cenderung lebih dominan dibandingkan dengan Au. Pada tabel klasifikasi Hedenquist, dkk., (2000) menunjukkan bahwa dalam sistem *low sulfidation* deposit pada kedalaman 0-300 m Au melimpah, dengan rasio Ag-Au, < 0,1-1%. Sedangkan pada kedalaman 300-800 m kandungan Ag



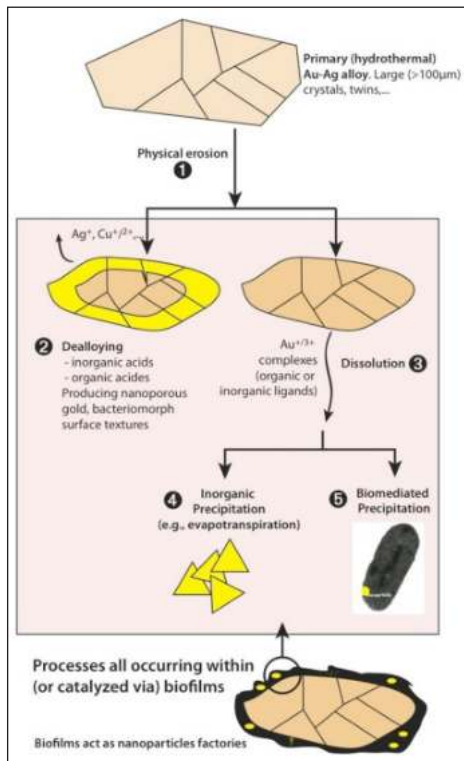
Statistik global, rasio Au-Ag pada deposit epitermal dari beberapa negara, Volkov, dkk., (2016)

melimpah, rasio kadar Ag lima kali lebih banyak dari pada kadar Au. Pada profil *low sulfidation*, semakin besar kadar Ag kedudukannya berada di bagian semakin dalam bersamaan dengan *base metal* (Hedenquist, dkk., 2000).

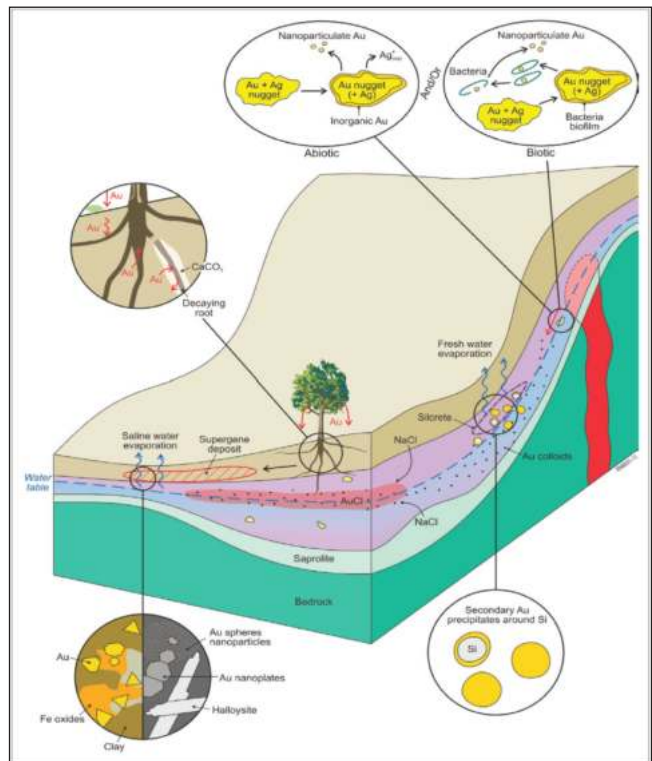
Pada gambar sistem geometri cebakan emas epitermal *low sulfidation* dapat dilihat bahwa Au dan Ag yang selalu bersama, dan pada kedalaman yang lebih besar kelimpahan logam dasar seperti Pb dan Zn meningkat. Demikian juga kelimpahan Ag semakin dalam meningkat, dengan rasio Au : Ag adalah 1:5. Mengetahui rasio Au dan Ag sangat diperlukan dalam eksplorasi, yakni dengan mengetahui rasio tersebut maka dapat kita ketahui pada sistem *low sulfidation* berada pada kedalaman berapa, sehingga arah kemana eksplorasi dilanjutkan untuk menemukan pengkayaan Au dapat ditentukan.



Sistem geometri pada deposit emas epitermal tipe low sulfidation, Buchanan, (1981), Morrison, dkk. (1990), Corbett dan Leach (1997).



Proses perubahan butiran emas pada lingkungan supergen, warna kuning cerah emas lebih murni (>95% berat), warna orange paduan emas-perak, warna hitam biofilm.



Dispersi emas ke lingkungan supergen dapat dicapai dengan sejumlah atau kombinasi mekanisme yang berbeda (Reich, dkk., 2012)

Emas Sekunder Semakin Murni

Eksplorasi emas aluvial di Indonesia didasarkan pada model klasik, dimana akumulasi emas diasumsikan terjadi melalui proses gravitasi dan mekanis. Sedangkan menurut Seeley dan Sender (1994 dalam Suprpto, 2007), beberapa cebakan emas di Kalimantan memiliki genesa yang berbeda, yaitu dispersi emas dalam bentuk koloid asam organik dari daerah endapan teras, yang membentuk agregasi emas dari koloid tersebut pada daerah aluvial sebagai akibat percampuran air tanah bersifat asam tersebut dengan air permukaan.

Mekanisme dispersi emas ke deposit supergen dapat dicapai melalui sejumlah mekanisme yang beragam. Mekanisme transport Au yang paling mungkin adalah dalam bentuk larutan atau demobilisasi sebagai suspensi koloid nanopartikel. Kedua

mekanisme tersebut terjadi, bergantung pada kondisi lingkungan. Di Kraton Yilgarn selatan di mana air tanahnya asin, dengan *Total Dissolved Solid (TDS)* > 30.000 mg/L dan asam ($\text{pH} < 5$), emas dimobilisasi dalam bentuk larutan berupa kompleks halida. Studi eksperimental menunjukkan tidak ada suspensi koloid Au dalam kondisi ini dan emas sekunder nanopartikel dan mikropartikel dihasilkan dari penguapan larutan. Penambahan ligan organik mengubah larutan menjadi suspensi koloid, terbukti dengan perubahan serapan sinar UV-Vis, dan kondisi ini dapat terjadi pada lingkungan yang sangat dekat permukaan, di mana terdapat asam humat, tumbuhan, dan bakteri.

Transportasi emas ke lingkungan supergen digambarkan, dengan sejumlah atau kombinasi dari berbagai mekanisme. Emas primer dapat terlepas dari deposit bijihnya secara mekanis

atau lapuk secara kimiawi dan/atau biologis. Au koloid dimobilisasi dan tergantung pada kondisi lingkungan, dapat tetap stabil atau membentuk kompleks ionik yang kemudian mengendap di zona supergen. Evapotranspirasi vegetasi dan peluruhan organik juga dapat memainkan peran penting dalam siklus Au antara bentuk logam dan ionik di lingkungan dekat permukaan.

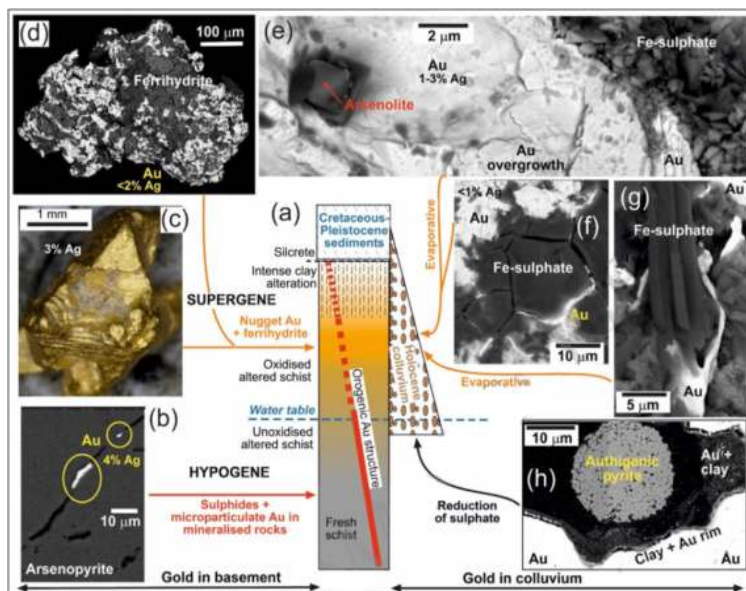
Logam emas sekunder sering dijumpai dengan tingkat kemurnian tinggi. Hal ini terbentuk akibat proses *dealloying*. Proses *dealloying* merupakan terpisahnya logam perak dan tembaga dari paduannya dengan emas. Hal ini menyebabkan tingkat kemurnian logam emas semakin tinggi. Proses *dealloying* terjadi secara organik maupun anorganik yang menyebabkan kandungan perak dan logam lain berkurang sehingga emas menjadi lebih murni secara alami (Reich dkk., 2012).

Siklus logam dapat langsung digerakkan oleh aktivitas mikro organisme. Hal ini dikarenakan mikro organisme membutuhkan logam sebagai nutrisi mikro untuk pertumbuhan sel, mampu memperoleh energi metabolik dari respirasi logam atau oksidasi

logam kemolitotrofik; dan memiliki kemampuan luas untuk detoksifikasi logam (berat).

Penelitian telah dilakukan dengan pengamatan visual terhadap lebih dari 40.000 butiran emas yang dipoles, berasal dari berbagai lokasi di seluruh dunia, untuk mengevaluasi komposisi paduan (*alloy*) emas dan heterogenitas butiran emas, untuk menentukan kontribusi emas detrital dan emas *authigenic* pada endapan plaser fluvial. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan, (1) emas berupa detrital pada plaser ditemukan tersebar luas, (2) emas *supergene* merupakan penyusun penting pada lokal tertentu dari plaser fluvial, (3) Pinggiran butiran kaya emas (kadar tinggi) pada emas plaser, tersusun oleh dua komponen berbeda: peningkatan kadar Au murni dalam skala mikron di permukaan dan pinggiran butir dalam skala puluhan mikron, terbentuk akibat proses pengurangan kandungan Ag (*dealloying*) (Chapman, dkk., 2022).

Penulis: Mahasiswi Teknologi Geologi 2021



Alloy emas di Otago Schist, Selandia Baru.

- (a) Sketsa profil dari hipogen sampai zona supergen.
- (b) Emas refractory sebagai partikel mikro pada hipogen arsenopirit.
- (c) Emas kristalin berukuran kasar, in situ dari zona supergen.
- (d) Butir emas kasar, intergrown dengan ferrihydrite, dari koluvium yang menumpang pada zona supergen.
- (e) Permukaan emas supergen, tumbuh di sekitar kristal arsenolite.
- (f) Tampilan dekat permukaan butiran emas supergen dari koluvium yang berada pada zona supergen, menunjukkan emas supergen tahap akhir yang diendapkan di dalam dan sekitar retakan hasil efek pengeringan pada lapisan Fe-sulfat.
- (g) Emas supergen sebagian menutupi kristal Fe-sulfat di bagian luar naget supergen kecil.
- (h) Tepi butiran emas koluvial dari zona reduksi di bawah muka air tanah, dengan pirit authigenic, lempung dan partikel mikro dari emas authigenic (Chapman, dkk., 2022).

Mengapa di Lokasi Tambang Emas Urat Kuarsa Rawan longsor?

Oleh :

Gita Dela Christi dan Fidela Rikmayanthi Kirana



Dua orang penambang emas tradisional di Desa Karimbow, Kecamatan Motoling, Kabupaten Minahasa Selatan, tewas tertimbun longsor (Dok Basarnas Manado, 2021), pada hari Kamis (18/3/2021) malam, (sumber <https://news.okezone.com>). Material argilik berwarna abu-abu cerah hasil penggalian ditumpuk di sekitar depan pintu lubang tambang.

Sering terjadi kecelakaan tambang rakyat yang menambang bijih emas urat kuarsa. Penambang tertimbun longsor di dalam lubang tambang. Kecelakaan terjadi tidak mengenal musim, baik saat musim hujan maupun kemarau. Penambangan dilakukan dengan membuat lubang utk mendapatkan bijih emas urat kuarsa yang terdapat di bawah permukaan.

Urat Kuarsa Sangat Keras dan Kuat, Mengapa Longsor Bisa Terjadi?

Model Buchanan (1981), menunjukkan bahwa di atas urat kuarsa terdapat zona alterasi argilik (lempung). Zona argilik ini merupakan zona lemah, lebih-lebih di kedalaman bawah permukaan selalu terendam oleh air tanah. Selain itu deposit emas urat kuarsa umumnya terbentuk pada Plio-Plistosen, berumur relatif muda. Sehingga zona alterasi argilik yang terbentuk bersamaan dengan deposit emas urat kuarsa belum terlitifikasi lanjut, masih merupakan zona yang belum padat. Sehingga saat terendam oleh air tanah, menjadi rawan

longsor. Hal ini risiko longsohnya lebih lagi dipicu oleh kedudukan zona argilik yang berada di *hanging wall*, atau di atas urat yang digali.

Deposit Emas Urat Kuarsa

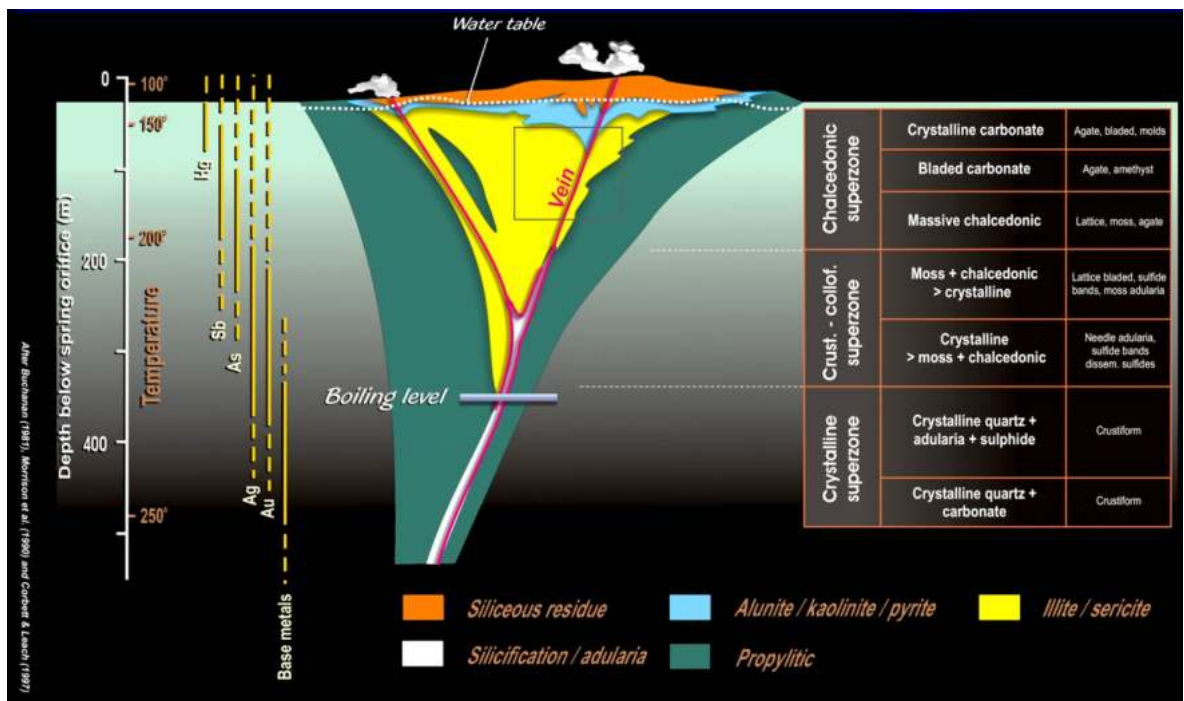
Deposit emas epitermal sulfidasi rendah (*low sulfidation*) terbentuk jauh dari tubuh intrusi magma, dimana larutan hidrotermal naik melalui zona patahan dan rekahan, kemudian bereaksi dengan batuan sekitar dan air meteorik sehingga pH-nya terus berkurang hingga mendekati netral (Corbett & Leach, 1998). Struktur geologi berupa rekahan dan sesar merupakan faktor pengontrol terbentuknya urat hidrotermal pembawa mineral berharga seperti emas dan perak.

Saat larutan hidrotermal dapat mencapai permukaan, maka akan terjadi presipitasi bahan yang terlarut. Akibatnya, karena larutan tersebut mengandung dominan silika, akan terendapkan dan membentuk sinter silika. Urat (*vein*) kuarsa yang terbentuk mengisi rongga rekahan dan patahan, pada tipe epitermal *low sulfidation* terdapat tekstur khas berbentuk seperti perlapisan, yakni

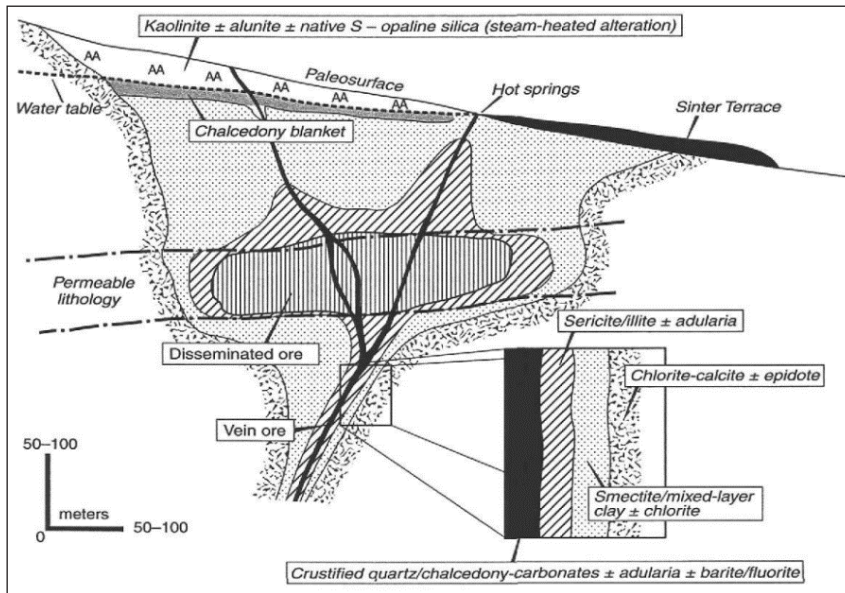
colloform atau *crustiform*. Endapan epitermal *low sulfidation* merupakan tipe endapan yang kaya akan unsur Au dan Ag, terbentuk pada kedalaman yang tidak terlalu dalam, serta memiliki kadar tinggi tetapi tonasenya kecil dan dikontrol oleh adanya struktur geologi terutama patahan.

Menurut Buchanan, (1981), Morrison, dkk., (1990), Corbett, dan Leach, (1997) secara umum pada deposit epitermal *low sulfidation* dibagi menjadi tiga fase. Pertama, fase *Crystalline Superzone*. Kedua, fase *Crustiform-Colloform Superzone*. Ketiga, *Chalcedonic Superzone*. Pada fase *Crystalline Superzone* dicirikan oleh adanya pembentukan mineral-mineral logam dasar seperti galena, sfalerit, kalkopirit, dan argentit. Pada fase ini terbentuk banyak mineral bijih pada rekahan, terjadi pada kedalaman 380-500m di bawah permukaan dengan suhu 230°-260°C.

Pengendapan mineral bijih, terutama Au, sangat dikontrol oleh proses pendidihan (*boiling*) yang disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dari larutan. Fase *boiling* terjadi pada fase antara *crystalline superzone* dan *crustiform-colloform superzone*. Pada fase ini terjadi alterasi berupa silisifikasi yang ditunjukkan oleh kehadiran mineral



Model alterasi dan mineralisasi tipe *low sulfidation*. Alterasi argilik tersusun atas lempung *illite/sericite*, *kaolin* sangat intensif terbentuk di atas urat kuarsa (*vein*), Buchanan, (1981), Morrison, dkk., (1990), Corbett, dan Leach, (1997).



Skema yang menggambarkan pola alterasi dalam sistem sulfidasi rendah, menunjukkan perubahan variabel dengan bertambahnya kedalaman, zonasi alterasi yang khas, termasuk sebaran silika sinter, keterjadian alterasi *advanced argillic* (AA), dan silisifikasi pada permukaan air tanah (Buchanan, 1981; Sillitoe, 1993). Perbedaan variasi geologi antar endapan dapat menyebabkan banyak perbedaan/ perubahan pada skema ini (Hedenquist, dkk., 2000).

kelompok kuarsa seperti kuarsa dan kalsedon. *Colloform* dan *Crustiform Superzone* dicirikan oleh terbentuknya tekstur yang sangat khas yaitu berupa *colloform* dan *crustiform*. Tekstur *latice bladed* pun terbentuk, yakni ketika fasa air magmatik dan air meteorik bercampur akan melepaskan gas-gas sehingga seakan akan membentuk suatu lubang di tengah dan saling berpotongan dan akhirnya terbentuklah tekstur *latice bladed*. Selain itu terdapat tekstur *vuggy* yang terbentuk ketika proses pengisian rongga rekahan/patahan tempat lewatnya fluida mengalir, namun tidak seutuhnya seluruh rongga rekahan/patahan tertutupi,

sehingga terbentuklah tekstur *vuggy*. Pada fase ini banyak terbentuk mineral logam yang berharga (*electrum*, *argentite*, *pyrogyryte* dll). Fase ini terjadi pada kedalaman 200-380 m di bawah permukaan dengan suhu 210°-230°C.

Chalcedonic Superzone terdiri dari tiga tipe alterasi yaitu filik yang terdapat pada zona serisit, argilik, dan *advanced argillic* pada bagian penutupnya. Pada zona filik ditemukan mineral serisit dan pirit. Kelompok mineral lempung ditemukan pada alterasi argilik, sedangkan kelompok mineral lempung dan mineral silika terdapat pada tipe alterasi *advanced argillic*.



Bukaan tambang emas urat kuarsa di Toguraci, Halmahera Utara, membentuk lembah memanjang mengikuti arah sebaran urat kuarsa (kiri). Di Toguraci terdapat beberapa urat kuarsa. Tumpukan fragmen bijih emas urat kuarsa hasil peledakan/*blasting* (kanan). Warna putih – abu-abu cerah pada tebing dan dinding tambang merupakan zona alterasi argilik (Tain, dkk., 2005).



Urut kuarsa di Toguraci, lebar sekitar 2,5 meter, diapit oleh zona argilik (Tain, dkk., 2005).

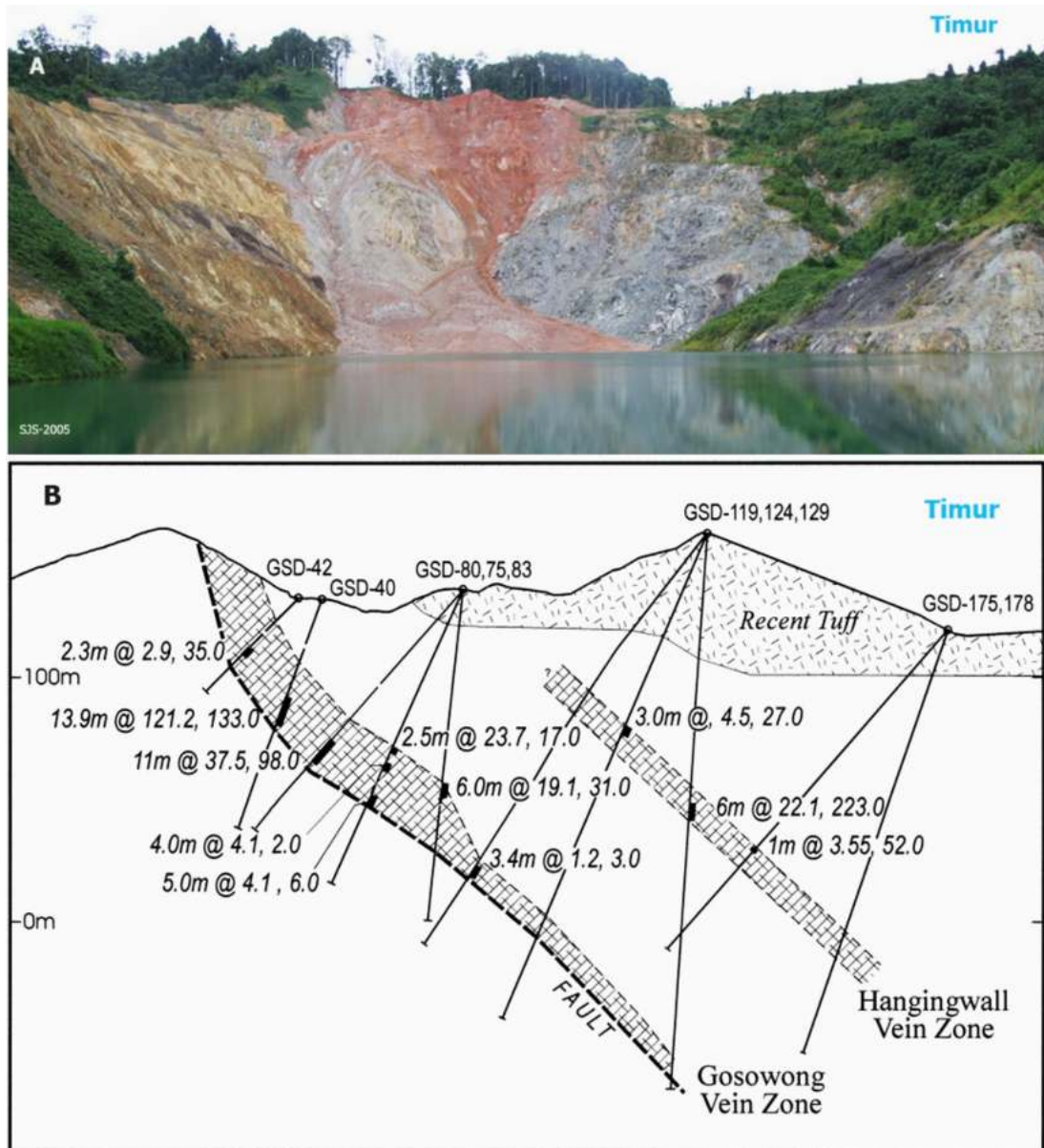
Pada fase ini walaupun fluida didominasi oleh air meteorik, sifat fluida kembali menjadi asam karena dipengaruhi oleh kehadiran gas H_2S yang bercampur dengan fluida yang terdapat pada fase ini. Fase ini terjadi pada kedalaman 40-200m di bawah permukaan dengan suhu 140°C - 210°C .

Mengapa Zona Argilik Lebih Berkembang di Zona *Hanging Wall*?

Alterasi terbentuk oleh adanya gas H_2S berasal dari magma yang migrasi menuju arah lebih dangkal. Oleh karena H_2S berupa gas, arah Bergeraknya akan cenderung vertikal. H_2S merupakan bentuk atau jenis kandungan sulfur utama pada larutan hidrotermal yang kaya logam. Temperatur pembentukan bijih emas kurang dari 300°C , dengan salinitas rendah ($<3,5\%$ berat NaCl equiv). Peningkatan konsentrasi gas terlarut yang tinggi pada hidrotermal (CO_2 , H_2S) dapat meningkatkan kedalaman zona pendidihan (*initial boiling*) menjadi lebih dalam. Peristiwa pendidihan ini menyebabkan presipitasi silika mengandung emas dan logam-logam ikutannya berlangsung intensif. Pada saat pendidihan terjadi penguapan

dan lepasnya gas-gas dari hidrotermal. Sebagai akibatnya, di atas zona pendidihan intensitas alterasi argilik meningkat. Proses pendidihan dipicu juga oleh akibat penurunan tekanan. Penurunan tekanan pada rongga patahan yang terisi fluida hidrotermal antara lain oleh akibat adanya gempa bumi.

Gas H_2S yang terkandung pada hidrotermal bermigrasi dari magma menuju arah permukaan bumi melalui media struktur patahan. Pada struktur patahan dengan arah bidang yang miring, selain gas H_2S bermigrasi mengikuti rongga patahan tersebut, sesuai dengan sifat dari gas cenderung bergerak ke arah vertikal. Dalam pergerakannya ke arah vertikal mengalterasi batuan dinding yang berada pada zona *hanging wall*. Hasil proses alterasi menghasilkan zona argilik yang berkembang intensif di atas patahan atau pada posisi *hanging wall*. Intensitas alterasi di zona *hanging wall* sangat dipengaruhi oleh porositas dan permeabilitas batuan. Pada zona *hanging wall* dengan batuan penyusun vulkanik, cenderung memiliki porositas dan permeabilitas tinggi, sehingga alterasi dapat berkembang intensif.

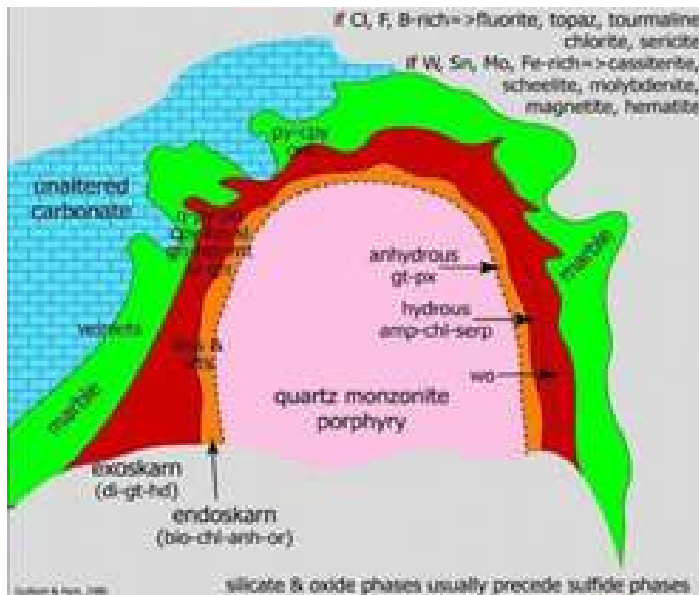


Bukaan tambang emas urat kuarsa di Gosowong, Halmahera Utara. (A) Pada dinding tambang, zona argilik meluas di sisi timur. (B) Profil urat kuarsa Gosowong, *hanging wall* berada pada sisi timur (Carlile, dkk., 1998).

Bijih emas urat kuarsa tipe *low sulfidation* mudah dikenali dan diidentifikasi oleh masyarakat. Umumnya mempunyai kadar emas tinggi, sehingga dapat diekstraksi secara ekonomis menggunakan metode amalgamasi atau sianidasi. Oleh sebab itu hampir merata dijumpai di Indonesia, masyarakat menambang emas tipe *low sulfidation* dengan risiko terjadi longsor apabila dinding

lubang tambang tidak diperkuat, terutama pada deposit emas urat kuarsa dengan alterasi argilik berkembang sangat intensif pada zona *hanging wall*.

Gita Dela Christi¹ dan Fidela Rikmayanthi Kirana²
Mahasiswa Teknologi Angkatan 2020, lulus 2023
Mahasiswa Teknologi Angkatan 2021



Skarn pada kontak stok intrusif
(Guilbert dan Lowell, 1974)

MENGENAL DEPOSIT SKARN

Penulis: Nadya Finlandini

Skarn adalah batuan metamorf berbutir kasar yang tersusun dari mineral kalsium-besi-magnesium-mangan-aluminium silikat biasa disebut sebagai mineral “kalksilikat” yang terbentuk melalui penggantian batuan yang mengandung karbonat (dalam banyak kasus) selama kontak atau metamorfisme regional dan metasomatisme.

Endapan skarn banyak dijumpai pada zona kontak antara batuan beku intrusif, seperti granit, dan batuan karbonat. Skarn juga dapat terbentuk di tempat lain di mana batuan karbonat bersentuhan dengan cairan kaya logam yang panas, seperti di sekitar patahan atau di sistem hidrotermal. Endapan skarn secara historis penting sebagai sumber tembaga, besi dan logam lainnya. Saat ini, endapan skarn tetap menjadi sumber penting logam, dan sering dikaitkan dengan operasi pertambangan skala besar (Robb, 2005).

Mekanisme pembentukan skarn secara umum dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Metamorfisme isokimia melibatkan rekristalisasi dan perubahan stabilitas

mineral tanpa perpindahan massa yang signifikan.

- Reaksi skarn dapat dihasilkan dari proses metamorfisme terhadap litologi berlapis, seperti serpih dan batugamping, dengan perpindahan massa antar lapisan dalam skala kecil (bimetasomatisme).
- Skarnoid dihasilkan dari metamorfisme litologi tidak homogen dengan sejumlah perpindahan massa melalui pergerakan fluida skala kecil.
- Skarn metasomatik yang dikontrol fluida biasanya berbutir kasar dan tidak mencerminkan komposisi atau tekstur protolit.

Klasifikasi Endapan Skarn

1. Endoskarn (Protolit beku) : berkembang secara bervariasi pada sisi intrusi dari kontak batuan dinding intrusif
2. Eksoskarn (Protolit sedimen) : terbentuk dalam batuan karbonat yang menjadi tuan rumah intrusi mineralisasi

Berdasarkan Mineralnya:

1. Prograde Skarn: Terbentuk pada suhu yang tinggi, dan terjadi pada fase awal. Beberapa jenis mineral pencirinya adalah; garnet, klinopiroksen, biotit, humit, dan montiselit.
2. Retrograde Skarn: Terbentuk pada suhu yang rendah. Beberapa contoh mineral pencirinya adalah; serpentin, amfibol, tremolit, epidot, klorit dan kalsit.

Karakteristik Umum Deposit Skarn

1. Skarn Besi
Deposit skarn terbesar adalah skarn besi. Skarn besi ditambang karena kandungan magnetitnya dan, meskipun terdapat sejumlah kecil Cu, Co, Ni dan Au, besi biasanya merupakan satu-satunya komoditas yang diperoleh kembali (Grigoryev et al., 1990).
2. Skarn Emas
Meskipun skarn emas telah ditambang sejak akhir tahun 1800-an (distrik Hedley di British Columbia; Billingsley dan Hume, 1941), hanya ada sedikit publikasi mengenai hal ini hingga saat ini sehingga hal ini tidak dimasukkan dalam kajian utama dunia mengenai simpanan skarn oleh Einaudi dkk. . (1981).
3. Skarn Tungsten
Skarn tungsten ditemukan di sebagian besar benua. dalam hubungannya dengan pluton kalk-alkali di sabuk orogenik utama. Sebagai suatu kelompok, skarn tungsten berasosiasi dengan batolit berbutir kasar dan berbutir sama (dengan tanggul pegmatit dan aplite) yang dikelilingi oleh aureol metamorf yang besar, bersuhu tinggi.

4. Skarn Tembaga

Skarn tembaga mungkin merupakan jenis skarn yang paling melimpah di dunia. Mereka sangat umum terjadi di zona orogenik yang berhubungan dengan subduksi, baik di lingkungan samudera maupun kontinental. Sebagian besar skarn tembaga terbentuk di dekat kontak stok, dengan mineralogi skarn yang relatif teroksidasi didominasi oleh garnet.

5. Skarn Seng

Kebanyakan skarn seng terdapat di wilayah kontinental yang terkait dengan subduksi atau rifting. Mereka menambang bijih seng, timbal dan perak, meskipun seng biasanya dominan. Batuan beku terkait memiliki komposisi yang beragam, mulai dari diorit hingga granit silika tinggi. Mereka juga mencakup lingkungan geologi yang beragam.

6. Skarn Molibdenum

Kebanyakan skarn molibdenum berasosiasi dengan granit leukokratik, dan berkisar dari endapan bermutu tinggi dan relatif kecil (Azegour di Maroko; Permingeat. 1957) hingga endapan tonase curah bermutu rendah. Kebanyakan skarn molibdenum mengandung berbagai logam, termasuk W, Cu, Zn, hal. Bi, Sn dan U, dan beberapa di antaranya benar-benar polimetalik, sehingga beberapa logam perlu direklamasi bersama-sama agar endapannya dapat ditambang secara ekonomis.

7. Skarn Timah

Skarn timah hampir secara eksklusif berasosiasi dengan granit silika tinggi yang dihasilkan oleh pencairan sebagian kerak benua, biasanya disebabkan oleh peristiwa keretakan.

Penulis:

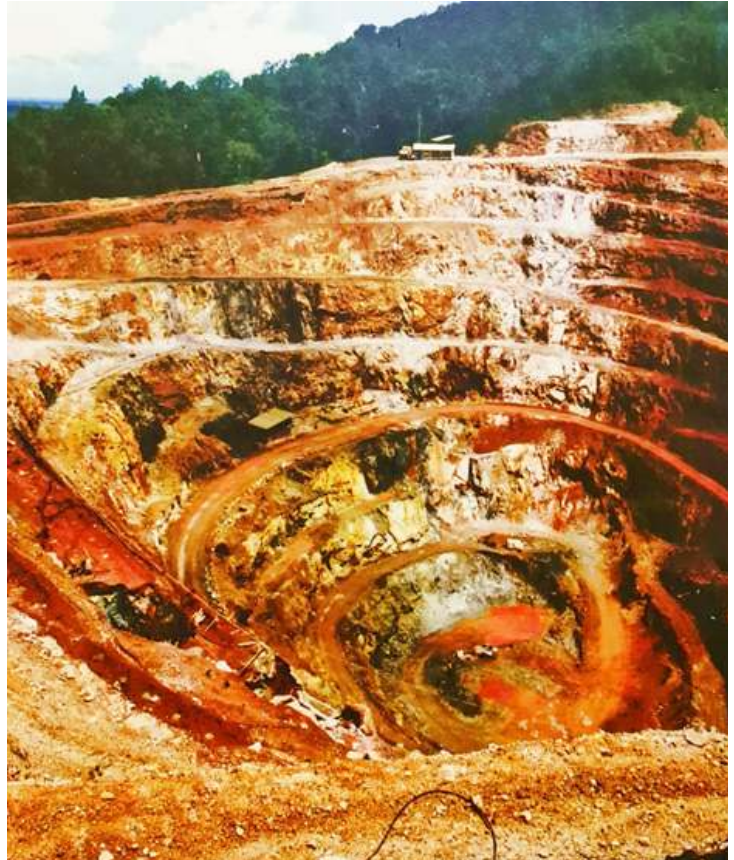
Mahasiswa Teknologi Geologi, Angkatan 2021

Memahami Deposit Timah Terbentuk lebih dalam Dibandingkan Tembaga Porfiri

Oleh: Westia Alifah Surya Pratiwi

Timah adalah logam yang berwarna putih perak mengkilap. Peran timah yang cukup tinggi dalam dunia industri karena salah satu keunggulannya ialah tahan terhadap karat. Ketersediaannya dibutuhkan untuk keperluan pembuatan peralatan rumah tangga, teknologi, dan bahan kimia.

Tambang timah terbuka Nam Salu, Kelapa Kampit, Belitung. Bijih berupa urat kuarsa kasiterit-sulfida, berasosiasi dengan urat galena, dengan host rock batuan meta sedimen dan batu sabak berumur Permo-Karbon (Foto koleksi Ramdhan Uno, 1981)



Oleh karena itu, eksplorasi tetap digencarkan untuk mendapatkan temuan baru deposit timah. Dalam tulisan ini akan banyak dibahas mengenai pembentukan timah yang terjadi sangat dalam di bawah permukaan bumi. Bahkan deposit timah terbentuk lebih dalam dibandingkan kedalaman tembaga porfiri.

Timah dapat ditemukan pada beberapa mineral, diantaranya ialah *kasiterit*, *stannite*, *cylindrite*, dan *frackeite* yang dapat terkonsentrasi oleh proses hidrotermal. Menurut Taylor (1985), endapan timah

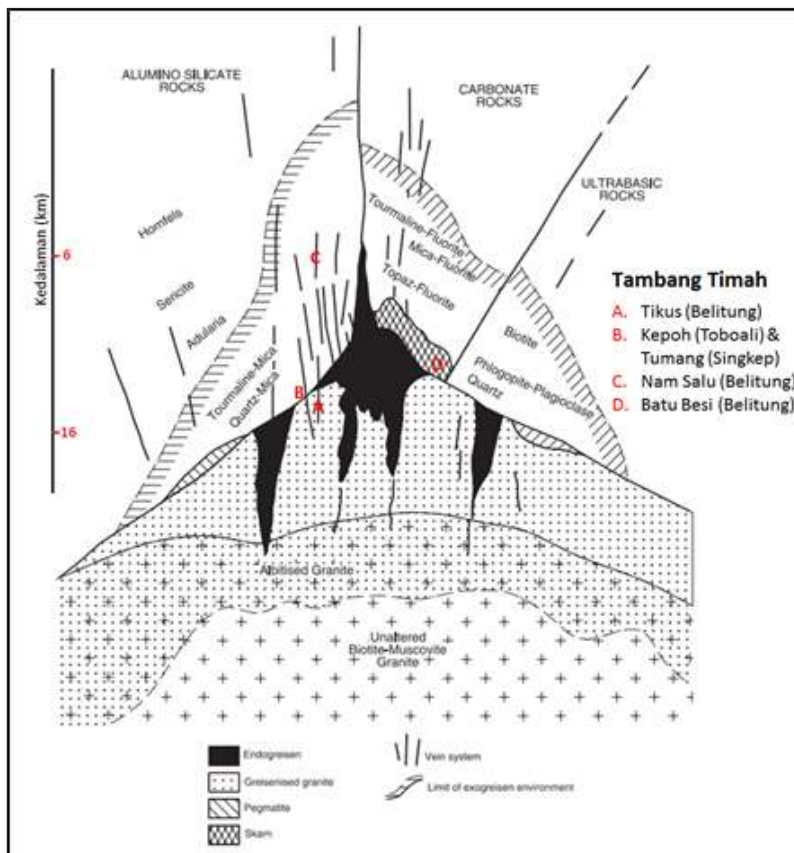
primer merupakan endapan bijih timah yang terkonsentrasi pada batuan pembawa bijih timah tersebut. Mineral yang mengandung timah masih berada di dalam batuan bersama dengan mineral-mineral lain penyusun granitoid yang merupakan batuan pembawa bijih timah. Proses terbentuknya bermula dari adanya tekanan panas dari dalam bumi (*pneumatik hydrothermal*) yang menyebabkan cairan magma yang bersifat asam mengandung gas *tin-fluoride* (SnF_4) atau *Tin-chloride* (SnCl_4) menerobos dan mengisi celah-celah rekahan, kemudian kontak dengan batuan penutup

yang berupa pasir, lanau, ataupun sekis. Pada endapan deposit timah greisen, mineral kasiterit umumnya berasosiasi dengan mineral wolframit, topaz, kuarsa, muskovit, dan flourit. Menurut Sudrajat (1996), proses terbentuknya bijih timah primer terbagi atas dua tahap, yaitu tahap pemisahan (deferensiasi) magma yang akan menghasilkan larutan pembawa bijih timah dan proses pengendapan larutan pembawa bijih timah tersebut. Dalam tahap pemisahan magma terjadi proses pembekuan magma, pengendapan kristal, pengapungan kristal akibat dari pengaruh tekanan dan suhu, kemudian terbentuk larutan encer mengandung gas-gas dan membawa unsur logam.

Berdasarkan klasifikasi dari deposit timah yang berhubungan dengan alterasi dan berasosiasi dengan kumpulan mineral pada perkiraan kedalaman formasi (Strong modifikasi dari Varlamoff, 1978), deposit timah

primer dapat terbentuk pada kedalaman 20 km di bawah permukaan bumi dan berasosiasi dengan urat kuarsa. Zona ini diklasifikasikan sebagai zona *abyssal* yang merujuk pada wilayah dasar laut yang sangat dalam, umumnya berada pada kedalaman lebih dari 4.000 meter di samudra. Lingkungan di zona *abyssal* ditandai oleh tekanan air yang tinggi dan suhu yang rendah, menciptakan kondisi yang sangat ekstrim.

Deposit timah yang berasosiasi dengan urat kuarsa terbentuk lebih dalam dibandingkan deposit timah yang berasosiasi dengan sulfida yang terbentuk pada kedalaman ± 10 km di bawah permukaan bumi. Kedalaman ini diklasifikasikan sebagai zona *hypabyssal*, yang terbentuk pada kondisi tekanan dan suhu yang sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat pada urutan umum deposit mineral dan alterasi batuan sampling di Southwest England (Strong dari Hosking, 1964) bahwa mineral kasiterit



Posisi beberapa tambang timah pada model mineralisasi granofil/timah (modifikasi dari Shcherba 1970 oleh Suprpto, 2023)

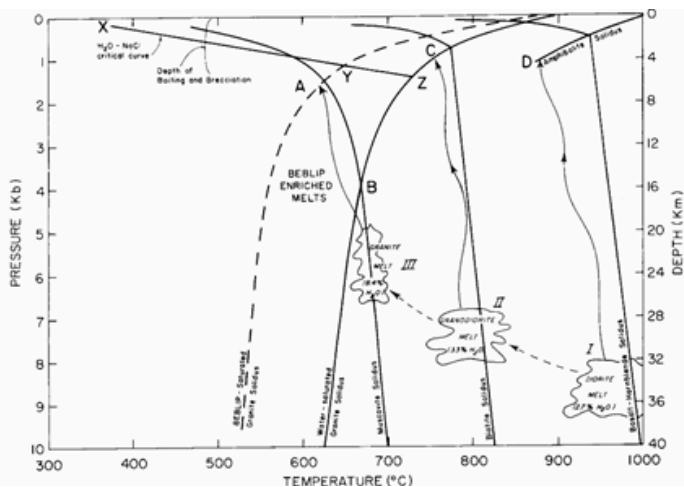
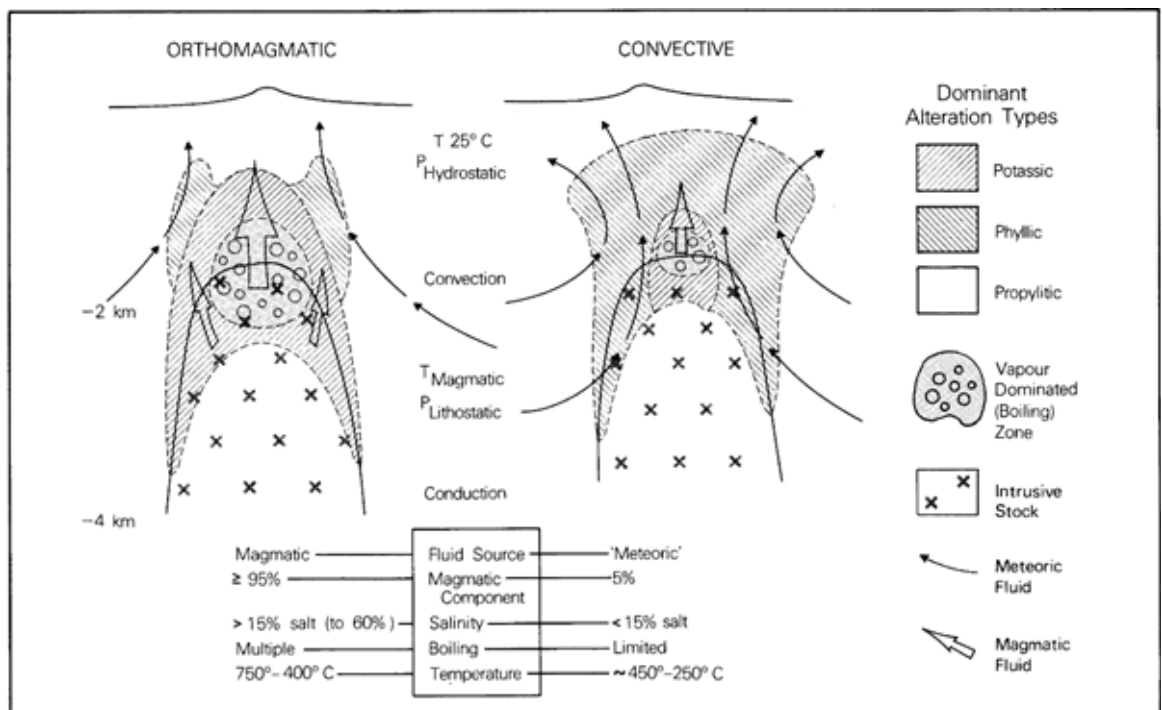


Diagram perkiraan kondisi lelehan granitoid dan endapan mineral. Poin D, C, B lelehan asam dapat terbentuk oleh diferensiasi dari yang lebih basa kemudian naik tingkat menjadi padatan. Lelehan muscovite-bearing akan mengristal pada 14-16 km. Batuan granitoid terintrusi pada kedalaman antara poin B dan C (4-16 km) (Modifikasi Strong, 1981)

sebagai pembawa unsur timah digolongkan sebagai mineral terjauh/paling awal di bawah permukaan bumi. Dalam urutannya, kasiterit dapat digolongkan pada zona pegmatit dan greisens yang mana dominan terdapat mineral wolframit, molibdenit, stannit, dan arsenopirit. Sedangkan mineral kalkopirit sebagai pembawa unsur tembaga berada di pertengahan. Pada *setting* intrusi model deposit tembaga porfiri yang mana hidrotermal berperan, temperatur dari magmatik hingga permukaan berkisar >800°C hingga 20°C. Pada kedalaman, tekanan fluida litostatik dan perkiraan dalamnya maksimum 5 km.

Endapan timah primer yang telah ditambang di Indonesia contohnya yakni tambang terbuka Nam Salu, Kelapa Kampit, Belitung Timur dan Tambang Tikus, Kecamatan Sijuk, Belitung, serta tambang Batu Biji di Belitung Timur. Tambang Tikus atau dikenal dengan Men Tikus merupakan deposit timah berupa greisens yang memiliki asosiasi mineral



Model skematik pembentukan deposit tembaga porfiri pada sistem ortomagmatik dan konvektif. Bijih tembaga porfiri terbentuk pada zona potasik (McMillan dan Panteleyef, 1980)



Granit biotit terpotong urat Sn-W polimetallik, tekstur kristal kasar, lokasi di Kepoh, Toboali, Bangka.



Tonalit sebagai host rock tembaga porfiri terpotong urat kuarsa, memiliki tekstur kristal lebih halus dibandingkan granit timah, lokasi di Grasberg, Papua.

Sn-W sehingga diperkirakan kedalamannya di lower-mesobysal (12-16 km). Sedangkan Tambang Nam Salu memiliki asosiasi mineral Sn-Sulphide diperkirakan kedalamannya di upper-mesobysal (6-10 km). Endapan timah primer terbentuk secara simultan dengan pembekuan batuan granit. Batuan granit tersebut pada awalnya adalah magma asam yang menembus batuan-batuan seperti di wilayah Kepulauan Riau dan Bangka Belitung. Ini menjelaskan bahwa ketika magma membeku dan menjadi granit, terjadi juga pembentukan endapan mineral yang mengandung timah dalam jumlah besar. Dengan kata lain, batuan granit menjadi petunjuk utama keberadaan mineralisasi timah, terutama di Jalur Timah Indonesia dan Asia Tenggara. Sebagai gambaran bahwa deposit timah/*granophile* dapat terbentuk sampai pada kedalaman 24-40 km di bawah permukaan bumi (Strong, 1981). Memiliki temperatur yang berkisar 600-1000°C, temperatur dan tekanan semakin meningkat apabila lingkungan pembentukan semakin dalam. Pegmatit cenderung lebih berlimpah pada granit "tipe III" seperti greisens.

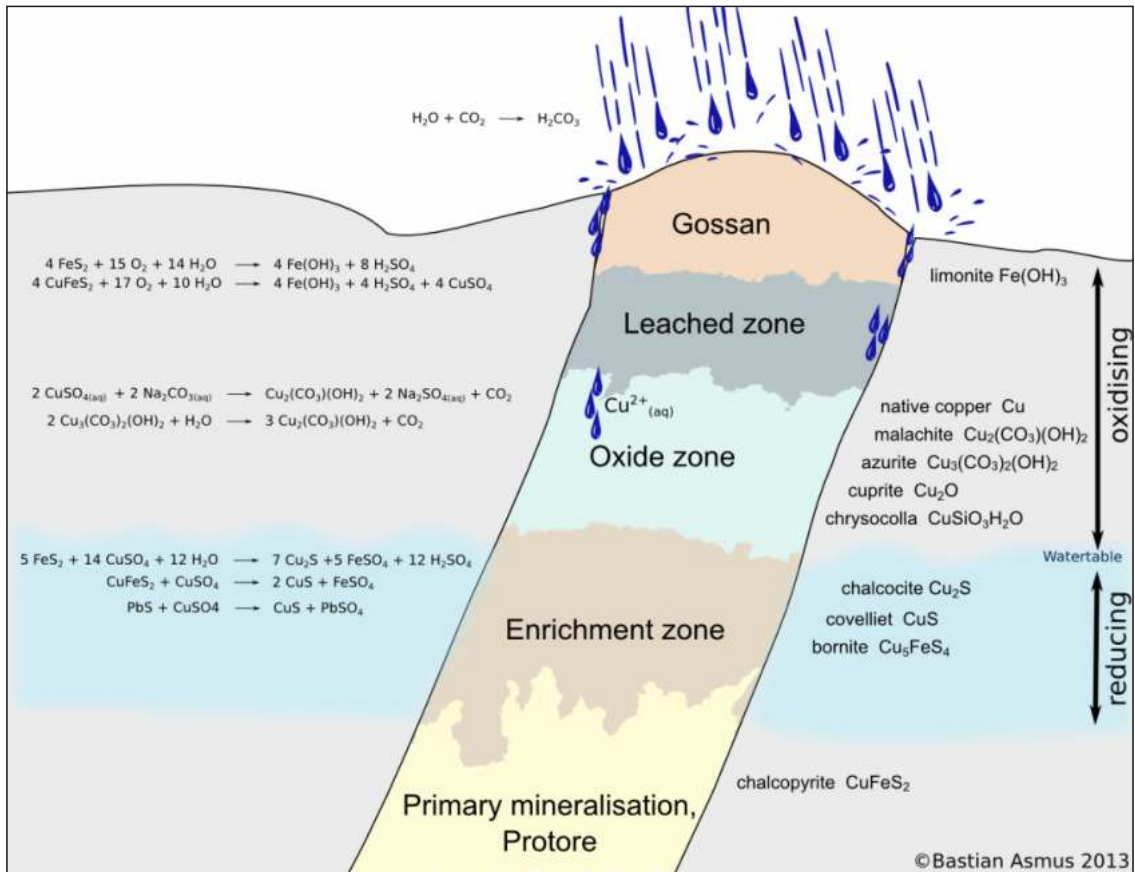
Kedalaman pembentukan timah primer pada lingkungan kedalaman besar, hal tersebut dapat menjadi panduan dalam eksplorasi. Untuk dapat tersingkap di permukaan,

memerlukan proses erosi yang lama untuk mengupas litologi penutup. Oleh karena itu, batuan-batuan berumur tua yang paling memungkinkan mempunyai cukup waktu untuk proses erosi berlangsung sehingga menjadi tersingkap. Sedangkan daerah dengan litologi penyusun berupa batuan berumur muda, apabila terdapat deposit timah primer, kedudukan deposit bijihnya masih tertutup, berada jauh di bawah permukaan bumi. Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, maka target daerah eksplorasi di Indonesia dengan melokalisasi litologi tua. Selain dapat ditemukan deposit timah primer, akibat proses erosi yang telah berlangsung menghasilkan endapan timah aluvial.

Penulis:
Mahasiswi Teknologi Geologi, Angkatan 2021

Gossan Indikator Keterdapatan Deposit Bijih

Oleh: Mutiya Jaya Ibrahim



Arti kata “Gossan” berasal dari bahasa Cornish yang dapat diartikan sebagai sebuah warna merah dari mineral besi yang teroksidai, biasanya merupakan bagian atas dan bagian yang terbuka di permukaan dari suatu tubuh deposit bijih atau urat bijih.

Dalam *classic gossan* atau *iron cap*, yang tersisa hanyalah oksida besi dan kuarsa yang sering terdapat bentuk kotak (*boxwork*), yakni rongga yang dindingnya berupa kuarsa. Boxwork ini jejak rongga yang ditinggalkan mineral terlarut, bentuk

rongganya masih dipertahankan atau sesuai dengan bentuk asal dari mineral bijih yang terlarut.

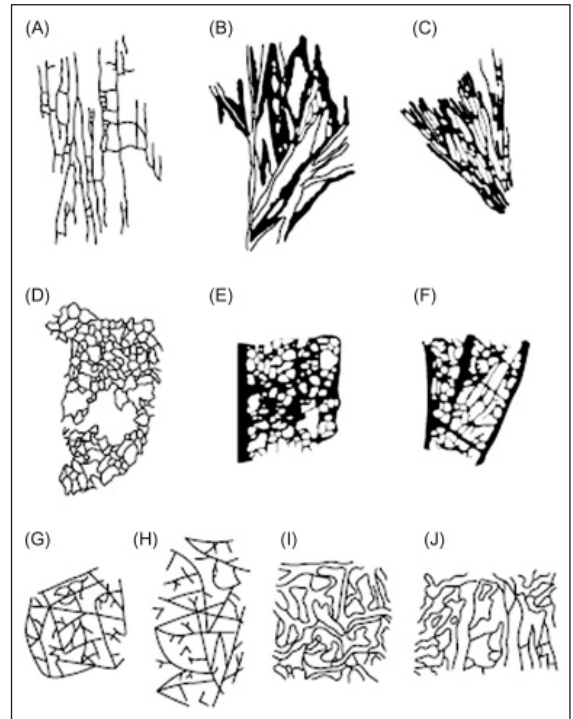
Dalam kasus lain kuarsa dan oksida besi, limonit, goetit, dan jarosit, hadir sebagai pseudomorf menggantikan pirit dan mineral

bijih primer. Seringkali gossan dijumpai sebagai noda atau selaput merah pada batuan dan tanah akibat banyaknya besi teroksidasi. Gossan cenderung berada pada area topografi positif atau morfologi yang menonjol, hal ini karena komponennya yang banyak mengandung kuarsa dan oksida besi, sehingga tahan terhadap erosi. Meskipun sebagian besar gossan berwarna merah, oranye, atau kuning, dijumpai juga gossan hitam dari oksida mangan seperti pirolusit, manganit, dan terutama psilomelane, terbentuk pada deposit mineral kaya mangan di bagian yang teroksidasi.

Pada abad ke-19 dan ke-20, gossan merupakan pemandu penting untuk menemukan endapan bijih yang terkubur, digunakan oleh para penambang dalam pencarian bijih logam. Peran penafsiran gossan lainnya adalah sebagai salah satu panduan paling awal mengenali keberadaan bijih, yang mengarahkan kepada penemuan banyak distrik pertambangan penting di dunia. Mineral bijih sulfida dan oksida besi seringkali merupakan mineral dominan yang tersisa di singkapan deposit bijih. Pada kondisi yang menguntungkan, tekstur, warna, dan struktur dapat memberikan petunjuk berharga mengenai sifat mineralisasi tubuh bijih yang tidak terlapukkan.

Gossans terbentuk melalui oksidasi mineral sulfida dalam endapan bijih dan karenanya dapat digunakan sebagai petunjuk keberadaan endapan bijih di bawah permukaan, terutama jika terdapat kotak-kotak (*boxwork*) yang berbeda. Struktur *boxwork* yang berkembang dari beberapa jenis mineral bijih primer ditunjukkan pada gambar:

Dalam pandangan tradisional, mineral bijih supergen dan *gangue* adalah produk reaksi antara mineral hipogen sulfida dan air meteorik yang bersifat asam. Proses tersebut terjadi di



Struktur boxwork yang berkembang dari hasil oksidasi mineral bijih primer: (A–C) galena; (D dan E) sfalerit; (F) kalkopirit; (G dan H) bornit; (I dan J) tetrahedrit. Sumber: Blanchard dan Boswell (1934)

atau dekat permukaan tanah di lingkungan subaerial (Guilbert JM, Park CF (1986). Pada endapan *Volcanogenic Massive Sulphide (VMS)*, tembaga dan logam lainnya dimobilisasi dari bijih sulfida masif primer dan diendapkan kembali di kedalaman. Pengendapan Cu sulfida dengan rasio Cu/S yang tinggi ini dapat menghasilkan pengayaan tembaga yang signifikan secara ekonomi pada batas redoks reaktif antara protore sulfida masif dan fluida yang berpenetrasi ke bawah.

"Selimut" pengayaan supergen ditindih oleh gossan yang kaya oksida Fe (sisa-sisa sulfida masif asal) yang terubah dan terlindih kuat, meluas hingga ke permukaan paleo (*paleo surface*). Studi tentang gundukan sulfida hidrotermal dan cerobong asap pada sumbu pemekaran samudera mengungkapkan tipe pembentukan gossan yang kedua: yakni oksidasi mineral sulfida melalui interaksi



Boxwork pada urat kuarsa Sn-W polimetalik, di Tambang Tikus, Belitung

dengan air laut sekitarnya yang kaya oksigen. Proses ini, kadang disebut sebagai "pelapukan dasar laut", disertai dengan pembentukan mineral Cu sulfida sekunder bersuhu rendah serta mineral atacamit (*atacamite*) Cu klorida, sebagai contoh di lokasi *Trans-Atlantic Geotraverse (TAG)*, Punggungan Bukit Atlantik Tengah (Hannington MD, Thompson G, Rona PA, Scott SD (1988), Hannington MD (1993). Berdasarkan hasil pengamatan bahwa deposit terbentuk lingkungan geologi di TAG, lapisan oker yang menutupi sulfida masif di Skouriotissa, Siprus, ditafsirkan sebagai gossan *submarine*.

Pada deposit bijih dimana zona pelapukan berkembang dan terpelihara dengan baik, gossan mengandung subzona mineral yang dapat menjadi dasar identifikasi, yakni

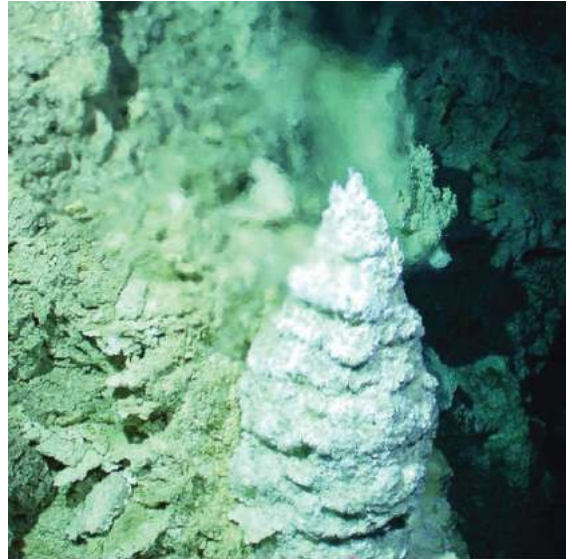
didominasi oleh sulfat, karbonat, fosfat, atau oksida (Scott KM, Ashley PM, Lawie DC (2001)). Komposisi kimiawi mineral teroksidasi dalam gossan mencerminkan, sampai batas tertentu, mineralogi sulfida sebelumnya (Boyle DR (1996)). Misalnya, kandungan Pb yang tinggi (Pb cenderung kurang bergerak/ mobilitas rendah di lingkungan ini) serta mineral karbonat dan sulfat Pb sekunder (*cerussite*, *smithsonite*, *anglesite*) terdapat di zona gossanous di atas mineralisasi VMS yang mengandung galena dalam jumlah besar (Scott KM, Ashley PM, Lawie DC (2001)).

Penulis:
Mahasiswa Teknologi Geologi Angkatan 2021

"Dan Kamu Mengeluarkan Dari Lautan Itu Perhiasan yang Kamu Pakai"



Black smokers (Cardoso dan Cartwright, 2017)



White smokers (Pirajno, 2009)

Oleh : Akbar Tri Widodo

"Dan Dialah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan dari padanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur." (QS. An-Nahl : 14)

Makna perhiasan selalu diasosiasikan dengan emas. Namun benarkah ada emas yg berasal dari lautan?

Dalam ilmu geologi, ternyata terdapat endapan emas yang terbentuk di bawah lautan (Submarine Hydrothermal Deposit) seperti yang dijelaskan dalam QS. An-Nahl ayat 14. Endapan tersebut biasa dikenal dengan nama Volcanogenic Massive Sulphide (VMS). Endapan VMS adalah kumpulan mineral-mineral sulfida yang membentuk perlapisan

(stratiform) yang terbentuk dari hasil presipitasi larutan hidrotermal di permukaan atau di bawah lantai samudra (sea floor).

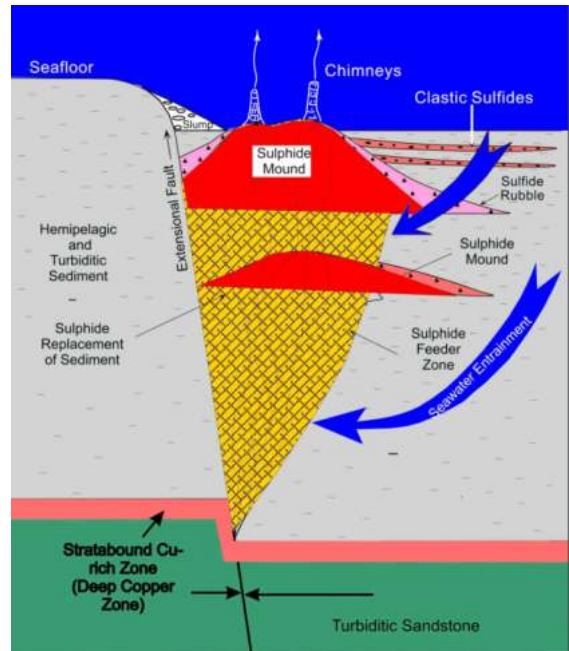
Sistem hidrotermal di sea floor terdiri dari magma sebagai sumber panas, daerah recharge atau resapan, arus sirkulasi dan jalur pembuangan pada sea floor yaitu mata air panas yang melewati jalur yang berupa sesar dan rekahan. Proses pemanasan air laut terjadi di kedalaman 2000 – 8000 meter yang terjadi di kerak samudra. Air laut yang terpanaskan

selanjutnya mengalami proses boiling atau pendidihan. Kemudian larutan hidrotermal yang terbentuk mengalami perubahan suhu, komposisi dan konsentrasi akibat proses-proses interaksi dengan batuan sampling.

Sirkulasi atau peredaran yang terjadi menyebabkan presipitasi membentuk urat-urat sulfida logam seperti Cu, Zn, Pb dan Fe pada suhu yang berkisar antara 350-550 °C dan juga menyebabkan terjadinya alterasi. Susunan hidrotermal yang terbentuk juga memiliki urutan mulai dari dalam ke luar rekahan yaitu Sulfida Cu, Zn dan sulfida Fe, sulfida colloform, sulfat (barit, anhidrit yang berasosiasi dengan Au). Aktivitas ini akan berhenti setelah terisinya rekahan-rekahan dan pori-pori yang ada. Kemudian akan muncul rekahan-rekahan dan siklus baru karena adanya proses pemekaran samudera (sea floor spreading). Hal ini akan berlangsung terus-menerus selama rentang waktu ratusan bahkan ribuan tahun sehingga kemudian menghasilkan tubuh bijih sulfida massif yang luas.

Sesuai dengan namanya, VMS hampir seluruhnya terdiri dari sulfida logam. Singkatnya, endapan VMS terbentuk karena larutan hidrotermal ketemu air laut yang menyebabkan daya larutnya terganggu. Hidrotermal yang keluar dari dalam bumi memiliki pH asam atau netral yang kemudian bertemu dengan air laut yang bersifat basa, menyebabkan terjadi perubahan pH, menyebabkan juga perubahan daya larut pada hidrotermal maupun air laut. Barium yang semula terlarut pada air laut, akibat bereaksi dengan hidrotermal, mengendap menjadi barit. Demikian juga kalsium yang terlarut di air laut, mengendap menjadi anhidrit.

Kehadiran mineral barit inilah yang menjadi ciri khas tipe endapan VMS. Larutan yang mengandung logam mengalami reduksi dengan pH berkisar 2-6 menerobos melalui rekahan lalu keluar di lantai samudera sebagai hot spring (black smokers dan white smokers) pada suhu 350-400 °C. Black smokers adalah gas dan fluida yang keluar karena terdapat reaksi dari air laut menghasilkan presipitasi sulfida sehingga terbentuk deposit black ore



Skema endapan VMS yang berasosiasi dengan sedimen (Besshi type) (Goodfellow & Zienrenberg, 1999)

dan yellow ore. Dimana Black ore kaya akan mineral berwarna gelap seperti sepalerit dan galena yang terbentuk di temperature rendah. Sedangkan Yellow ore terbentuk pada temperatur lebih tinggi dari black ore, mengendapkan bijih kaya akan Cu. White Smokers adalah gas dan fluida yang banyak mengandung sulfat dan karbonat dalam bentuk koloid dan suspensi, menghasilkan endapan gipsum, kalsit, barit, dan dolomit. Hostrock dari endapan VMS adalah andesit, lava, breksi vulkanik, dan lapili.

VMS mempunyai beberapa karakteristik di antaranya :

- Mempunyai hubungan yang erat dengan kegiatan vulkanisme dan batuan vulkanik
- Bijih yang massif, dapat dijumpai dalam bentuk lapisan yang mengandung lebih dari 60% mineral sulfida
- Bijihnya mengandung unsur logam dasar seperti zinc (Zn), tembaga (Cu), dan lead atau timbal (Pb) dengan sedikit emas dan perak

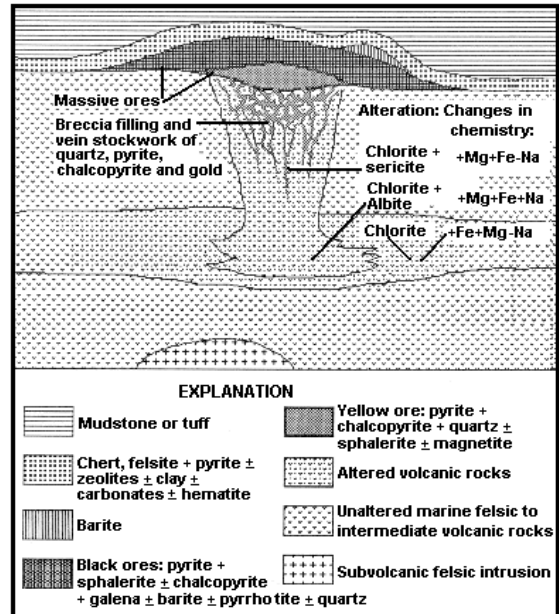
- d. Mineral bijih terbentuk berasosiasi dengan lingkungan sub-marine volcano namun juga dijumpai ada yang berasosiasi dengan land-based volcanic.

Ada salah satu model dari endapan VMS yang terkenal yaitu Besshi type yang dicirikan oleh adanya sulfida massif yang kaya akan Cu-Zn. Tipe ini terbentuk pada lapisan sedimen terrigenous (sedimen yang berasal dari erosi yang berasal dari benua atau pulau) yang berasosiasi dengan Sill dan aliran lava yang saling tumpang tindih dan merupakan sumber panas dari aktivitas hidrotermal yang terjadi. Endapan ini dijumpai pada pusat pemekaran samudera aktif yang ditutupi oleh sedimen hemipelagic (jenis sedimen laut yang terdiri dari butiran lempung dan lanau yang bersifat terrigenous dan sebagian biogenic).

Beberapa ahli telah membuat klasifikasi dari endapan VMS. Klasifikasi yang dibuat oleh Sawkins (1990) dan Franklin, dkk (2005). Sawkins (1990) membagi endapan tipe VMS menjadi tiga jenis endapan yang berdasarkan pada komposisi host-rock dan lingkungan tektonik, yaitu : Kuroko type, Cyprus type, dan Besshi type.

a. Kuroko-type

Endapan tipe ini terbentuk di lingkungan cekungan busur belakang yang terbentuk akibat subduksi. Proses mineralisasinya membutuhkan kondisi laut dalam sekitar lebih dari 1000 meter karena pada kondisi yang dangkal larutan yang mendidih akan cenderung membuat proses mineralisasi terdispersi. Endapan tipe Kuroko ini dijumpai di Jepang tepatnya di daerah Hokuroku, endapan tersebut berhubungan dengan urutan pengendapan batuan hasil proses vulkanik bimodal atau mempunyai dua jenis magma yang berbeda. Endapan ini pada umumnya disusun oleh tholeiitic basalt pada bagian bawah dan diikuti oleh batuan dengan komposisi seperti dasit, riadasit, riolit dan batuan piroklastik yang sejenisnya. Urutan bimodal ini terbentuk pada sebuah kondisi cekungan vulkanik calc-alkaline yang merupakan ciri-ciri dari lingkungan busur magma di atas zona subduksi.

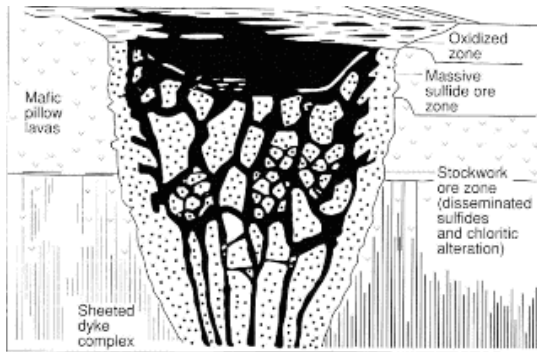


Model skematik endapan VMS tipe Kuroko

Mineralogi tipe endapan ini didominasi oleh sulfida black ore dan yellow ore, tekstur yang dibentuk endapan tipe ini umumnya massif, sering dijumpai stockwork pada bagian bawah dan disseminated sulphide dan tekstur slump dan redeposited ore dengan tekstur graded bedding. Alterasi pada zona sulfida massif yaitu zeolit, monmorinolit, dan klorit sedangkan pada zona stockwork yaitu silika, klorit dan serisit. Pada bagian bawah zona stockwork dijumpai alterasi klorit dan albit.

b. Cyprus-type

Endapan tipe ini tidak terlalu luas dengan grade yang menengah dan kaya akan Cu dan Zn. Endapan ini berbentuk tumpukan sulfida massif diatas kelompok batuan yang disebut ofiolit dan basalt. Pada bagian bawahnya adalah zona stockwork yang kaya akan Cu dan terdiri dari urat-urat mineral sulfida kuarsa yang saling memotong basalt yang terklorotisasikan.



Model penampang skematik endapan VMS tipe Cyprus (Robb, 2005)

c. Besshi-type

Endapan tipe ini dijumpai di lingkungan campuran sedimen silisiklastik-vulkanik seperti serpih dan batu pasir. Endapan ini biasanya dijumpai di sedimen turbidit yang diintrusi oleh sill yang berkomposisi basalt, mempunyai kandungan Cu yang tinggi dan kandungan Zn yang relatif rendah.

Franklin, dkk (2005) membagi membagi endapan VMS menjadi litostratigrafinya di antaranya adalah bimodal mafic, mafic dominated, silisiclastic mafic, bimodal felsic dan felsic silisiclastic,

Tambang Emas VMS di Wetar, Maluku

Deposit emas di Kali Kuning dan Lerokis merupakan hasil aktifitas vulkanik bawah laut. Terbentuk pada zona depresi yang dikontrol oleh batas patahan berbentuk mendepati oval dengan diameter 40-400 meter.

Litologi breksi vulkanik dan alterasi lempung-pirit terpotong oleh urat kuarsa dan stockwork, pada beberapa bagian terdapat endapan sulfida kaya akan tembaga membentuk seperti gundukan.

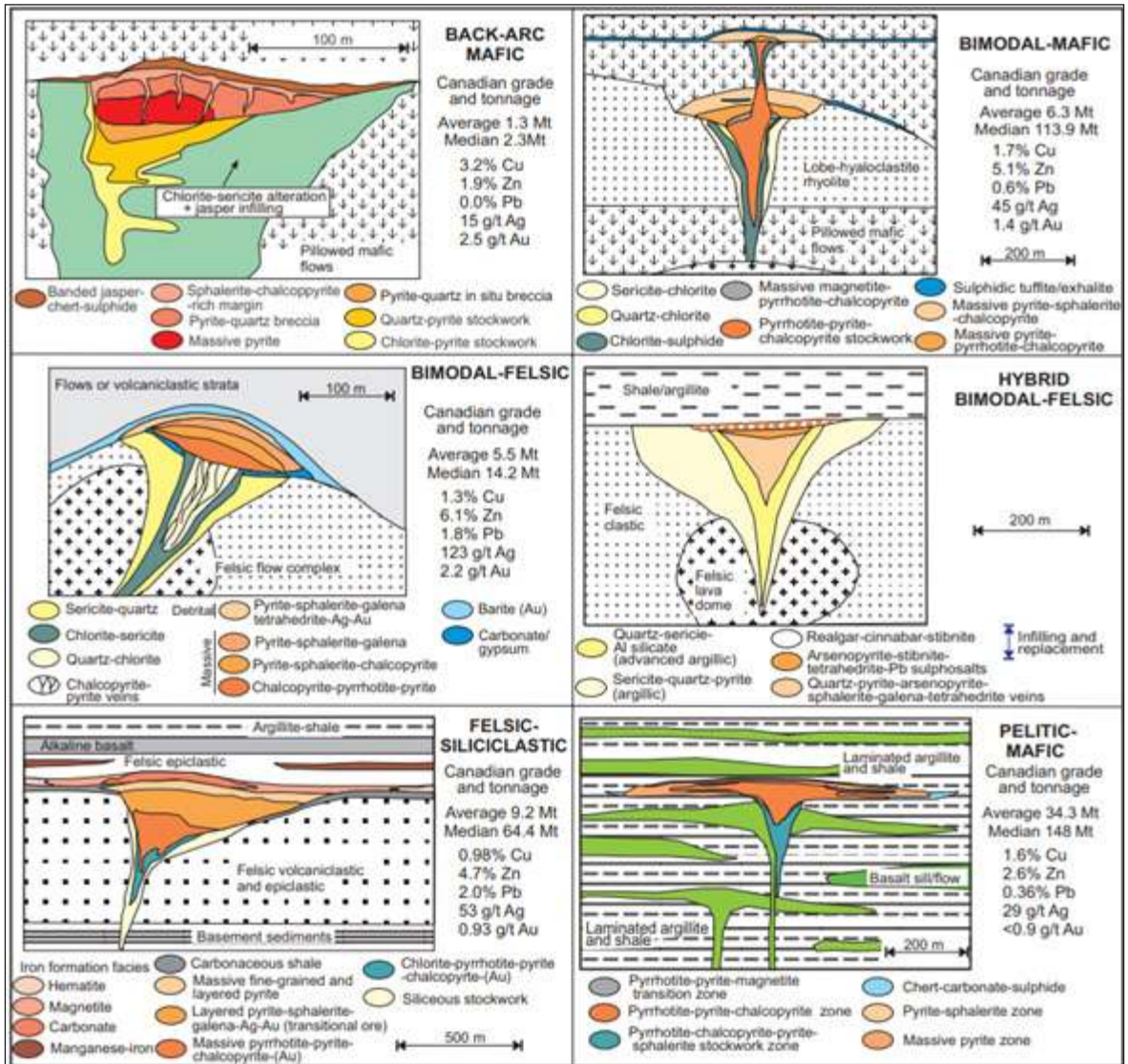
Kandungan fosil pada batugamping mengindikasikan zona kedalaman 200-2000m (Herrington, 1993 dalam Sewell dan Wheadey, 1994). Batu gamping di Kali Kuning menandakan lingkungan laut dangkal, diperkirakan bahwa kedalaman lingkungan pengendapan sekitar 600 meter.

Barit di Lerokis mengindikasikan zona kedalaman 350-600 meter. Barit mineral paling melimpah pada bijih, dijumpai pada celah di antara lava bantal yang tidak teralterasi di bawah foot wall yang teralterasi. Sulfida pada barit mulai dari 15%, dan rata-rata 40% pada zona barit, meningkat sekitar 65% di lapisan barit Kali Kuning.

Sumber daya geologi sebelum dimulainya penambangan pada tahun 1990, berjumlah



Bekas tambang emas tipe VMS di Wetar, Maluku (Hutamadi, 1998)



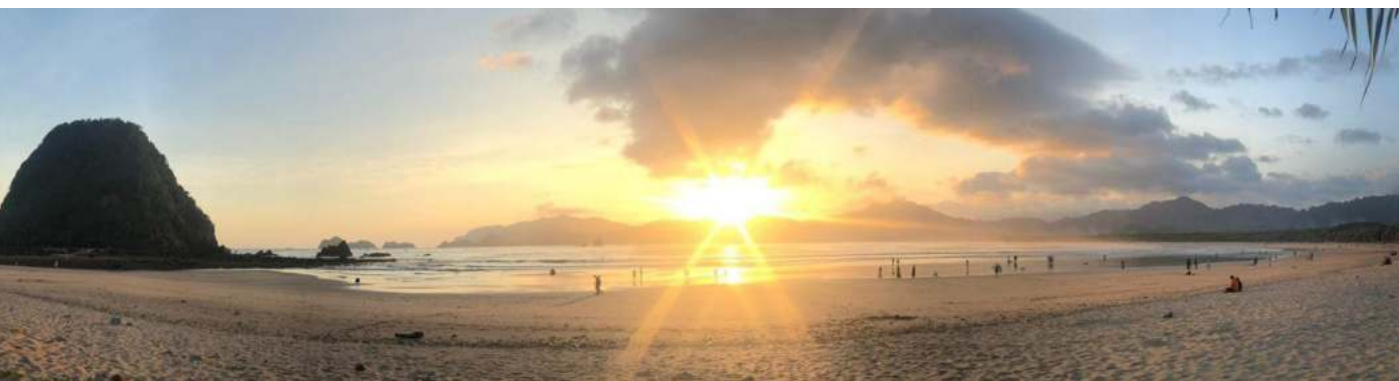
Pembagian endapan VMS (Galley, dkk 2007)

2,9 Mt pada 3,5 g/t Au, 114 g/t Ag, dan 40% barit di Lerokis, serta 2,2 Mt pada 5,5 g/t Au, 146 g/t Ag, dan 60% barit di Kali Kuning. Sebagian besar Au terdapat dalam bentuk elektum, berasosiasi dengan limonit, jarosit, dan goetit, dan sebagian besar Ag terdapat dalam tetrahedrit dan sulphosalts. Kandungan Pb yang tinggi, rata-rata antara 0,5% dan 1,4% Pb, berasal dari plumbojarosite, sulphosalts dan cerrussite, dan rata-rata terdapat antara 200 ppm hingga 900 ppm Cu, 0,2% Sb, 0,1%

As, 100 ppm hingga 200 ppm Zn, dan 18 ppm Hg (Sewell dan Wheatley, 1994)

Dari seluruh pembahasan ini maka ayat yang menyatakan "dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai" bisa dimaknai perhiasannya berupa emas dan perak, yang dapat terbentuk pada mineralisasi tipe VMS di dasar laut.

Penulis: Mahasiswa Teknologi Geologi 2022



Pulau Merah: *The World Class Exposure*

Oleh : Maftukha Alfiani

Pantai ini menjadi salah satu objek wisata andalan di Banyuwangi bagian selatan untuk menikmati pematangan *sunset* yang sempurna. Hamparan pasir putih berada di sepanjang pantai serta ombak yang mengalir seirama menjadi daya tarik tersendiri.

Profil Pulau Merah

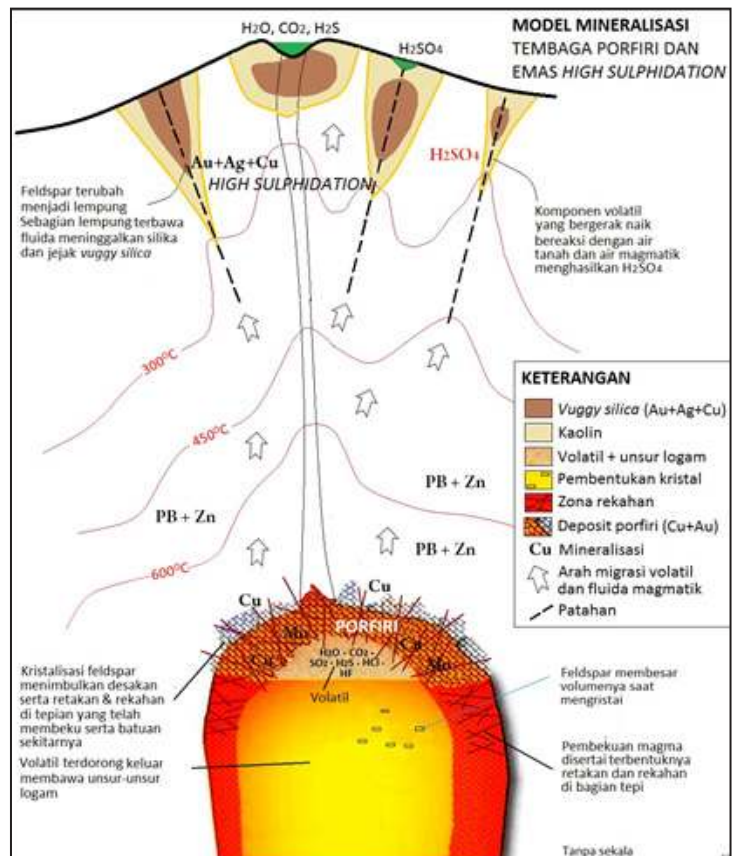
Banyuwangi dikenal sebagai *"The Sunrise Of Java"*, karena matahari terbit pertama kali di Pulau Jawa tepat di Banyuwangi. Daerah ini memiliki wisata alam yang indah dan menarik salah satunya Pantai Pulau Merah atau Pulo Merah. Secara administratif Pantai Pulau Merah terletak di Dusun Pancer, Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaran pada koordinat 8° 36'18"LS dan 114° 1'34" BT. Namun kenapa sih nama pantainya Pulau Merah...? Apakah karena pulaunya memiliki pasir berwarna merah atau ketika musim panas pohon yang tumbuh dipulau tersebut menjadi merah...? Bukan karena hal itu disebut "Pulau Merah", asal usul nama Pulo Merah merujuk pada bukit kecil yang berada di tepi pantai, kata "Pulo" berasal dari bahasa Jawa memiliki arti pulau dan kata "Merah" yang menunjukkan bahwa bukit tersebut memiliki permukaan tanah berwarna merah. Secara geologi warna merah merupakan hasil oksidasi mineral mengandung besi, salah satu mineral penyusun Pulau Merah, sehingga menghasilkan warna seperti warna karat. Pulau merah dapat

diakses menggunakan dua cara yaitu jalan kaki pada saat air laut surut dan menyeberang menggunakan perahu kecil. Destinasi Wisata Pulau Merah banyak dikunjungi ketika musim panas pada bulan Agustus-September yang menyuguhkan *sunset* apik serta ombak yang sempurna untuk olahraga *surfing*. Fakta unik yang dimiliki oleh Pulau Merah adalah menyimpan cebakan mineral yang berharga. *Mari kita bahas cebakan apa yang terkandung di bukit kecil pantai ini....*

Geologi Pulau Merah

Berdasarkan penelitian terdahulu berjudul *"Alterasi dan Mineralisasi di Pulau Merah, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur"* (Suprpto, dkk., 2018) disebutkan bahwa Pulau Merah memiliki dua tipe cebakan mineralisasi yaitu tembaga porfiri Cu-Au dan emas ephitermal tipe *high sulphidation*. Keberadaan deposit ini karena Pulau Merah terletak pada Busur Magmatik Sunda Bagian Timur (*Eastern Sunda Magmatic Arc*) yang berhubungan dengan intrusi berumur Miosen Akhir-Pliosen. Busur

Model Mineralisasi Tembaga Porfiri dan Emas Epithermal High Sulphidation (modifikasi dari beberapa sumber, dalam Suprpto, dkk., 2018)



ini membentang sepanjang 1800 km dan merupakan bagian dari Busur Sunda Banda yang memiliki panjang sekitar 3940 km. Pulau merah berada di dekat batas tenggara berjarak 50 km dari Kubah Meru Betiri berumur Miosen yang ditafsirkan sebagai peninggalan bekas pusat stratavulkanik andesit di Jawa Timur atau tepatnya terletak 1,7 km barat laut Distrik Tujuh Bukit (Hellman, 2011 ; Harisson, 2012). Batuan yang mengisi pulau ini adalah tonalit berukuran 370 x 220 meter yang tersingkap dengan baik sebagai petunjuk eksposur pesisir yang luar biasa dari mineralisasi porfiri, pengayaan supergen, dan mineralisasi epithermal sulfidasi tinggi.

Tipe endapan mineral, alterasi, dan mineralisasi umumnya berasosiasi dengan produk vulkanik klastik dan batuan intrusi. Magma memiliki sifat asam, basa, dan intermediet. Magma bermigrasi mendesak ke segala arah, apabila magma menuju kerak benua akan cenderung memiliki sifat asam dan jika magma menuju kerak samudra akan

bersifat basa. Setiap jenis magma ini, akan mengalami proses diferensiasi, asimilasi, fraksinasi, dan berinteraksi secara internal dan eksternal menghasilkan batuan beku asam, menengah, basa dan ultrabasa yang secara spesifik akan berasosiasi dengan jenis endapan mineral logam tertentu seperti logam paduan besi, logam dasar, dan logam mulia. Salah satu tipe endapan bijih adalah tipe hidrotermal. Hidrotermal didefinisikan sebagai larutan panas (50 → 500°C) mengandung Na, K, Ca, Cl sebagai komponen utama dan komponen lain sebagai penyusun minor seperti Mg, B, S, Sr, Co, H₂S, NH₄, Cu, Pb, Zn, Sn, Mo, Au, Ag (Skinner, 1979). Sirkulasi fluida panas (hidrotermal) menyebar secara lateral dan horizontal dalam berbagai variasi temperatur dan tekanan dengan komponen utamanya terdiri dari sumber panas (H), fasa fluida (F), sirkulasi sel recharge system (R) dan discharge system. Tipe cebakan hidrotermal diklasifikasikan berdasarkan letak, bentuk atau posisi terbentuknya yaitu cebakan Tipe Porfiri



Tekstur *Vuggy Silica* di Pulau Merah, salah satu penciri deposit emas *High Sulphidation* (kiri). Tebing sisi Selatan Pulau Merah, terdapat singkapan alterasi dan mineralisasi tembaga porfiri, malakhit warna hijau, oksida besi warna merah bata (kanan).

dan cebakan Tipe Epitermal (High Sulfiation, Low Sulfidation, dan Intermediet).

Sebagian besar endapan tembaga porfiri di seluruh dunia terbentuk dalam hubungannya dengan magma kalk-alkali yang berhubungan dengan subduksi dan terjadi secara spasial dalam busur magmatik (Sillitoe, 1972; Mitchell, 1973; Camus dkk., 1996, Cooke dkk., 2005). Cebakan tembaga porfiri terbentuk akibat pendinginan dan pembekuan magma akibat temperatur berkurang, terjadilah kristalisasi feldspar yang mengakibatkan desakan serta retakan/rekahan pada dinding magma dan batuan disekitarnya. Menyisakan magma cair yang kaya akan kandungan unsur logam dan volatil. Volatil tersebut naik menyusup/ bermigrasi melalui jalur rekahan ke arah puncak magma chamber dan terus keluar dari tubuh magma menuju arah permukaan bumi. Komponen volatil bereaksi dengan air magmatik dan air meteorik menghasilkan H_2SO_4 . Cairan asam sulfat (H_2SO_4) akan menerobos batuan samping di sekitarnya. Tubuh batuan tersebut secara bertahap tercuci dan berubah, sehingga feldspar terurai menjadi lempung. Sebagian lempung tersebut akan terbawa fluida sehingga meninggalkan silika dan jejak vuggy silica. Proses inilah yang menghasilkan lingkungan epitermal.

Alterasi Pulau Merah dibagi menjadi tiga zona meliputi : zona bagian Selatan pulau, zona bagian utara pulau, zona seberang timur

pulau (Suprpto dkk., 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat endapan emas epitermal high silphidation dengan alterasi argilik, advanced argillic, dan silika masif/vuggy silica. Zona bagian utara pulau ini silika masif berbatasan dengan zona advanced argillic. Sedangkan endapan tembaga porfiri dicirikan oleh stockwork silika dan stockwork mineral-mineral tembaga berada bagian selatan pulau berbatasan dengan zona argilik.

Keunikan Pulau Merah

Pulau Merah memiliki tipe mineralisasi berupa endapan tembaga porfiri di sisi selatan sampai tengah, dan endapan emas epitermal sulfidasi tinggi (*high sulphidation*) di sisi utara. Fenomena ini menunjukkan bahwa kedudukan mineralisasi zona epitermal tidak langsung berada di atas zona porfiri akan tetapi terletak di sampingnya. Sejalan dengan proses penurunan temperatur atau pendinginan magma yang diikuti dengan penurunan temperatur hidrotermal, deposit tembaga porfiri yang telah terbentuk sebelumnya di-*overprint* oleh deposit epitermal *High Sulphidation* yang terbentuk kemudian di sekitar tubuh deposit porfiri dimana temperatur hidrotermalnya turun menghasilkan zona epitermal *high sulphidation*.

Keistimewaan Pulau Merah dari aspek geowisata, kunjungan ke satu lokasi mendapatkan suguhan dua tipe deposit,

Deposit logam di Pulau Merah. Deposit Tembaga Porifri berdampingan dengan Deposit Emas High Sulphidation (Suprpto dkk., 2018)



tembaga porfiri dan emas epitermal *high sulphidation*. Singkapan alterasi dan mineralisasi yang sangat jelas, dijumpai pada sepanjang kaki tebing Pulau Merah. Hal ini akibat gempuran ombak pada saat laut pasang yang terus menerus mencuci kaki tebing menghasilkan singkapan segar dan bersih. Deposit bijih tembaga dan emas primer umumnya berada pada kawasan pegunungan dan terpencil, berbeda dengan di Pulau Merah yang berada pada Kawasan wisata pantai, dengan mudah dapat diakses, oleh karena itu ahli geologi dari *Society of Economic Geologists (SEG)* memberikan julukan *world class exposure*.

Sejarah Eksplorasi

Awal penemuan indikasi mineralisasi di Pulau Merah dan sekitarnya yakni pada tahun 1998, oleh tim eksplorasi PT Hakman Metalindo yang melibatkan juga ahli geologi dari Badan Geologi, bekerja pada daerah konsesinya mulai dari sekitar Pace, Jember sampai Tumpang Pitu, Banyuwangi. Pada awal tahun 1998, pengambilan sampel geokimia endapan sungai di sekitar Tumpang Pitu pada lereng utara dan barat menemukan anomali sangat signifikan. Berdasarkan temuan tersebut, eksplorasi menjadi lebih difokuskan di Daerah Tumpang Pitu dan sekitarnya, berikut Pulau Merah yang

berjarak hanya sekitar 200 meter dari pantai Daratan Banyuwangi.

Eksplorasi geokimia dimulai dari Jember bagian selatan pada tahun 1997, meliputi kawasan pinggiran dan sekitar Kubah Meru Betiri. Kegiatan eksplorasi melibatkan penduduk setempat, salah satunya yaitu Pak Holik yang saat itu masih berusia 19 tahun, dan masih berlanjut bekerja sampai saat ini menjadi karyawan PT Bumi Suksesindo. Pak Holik merupakan pria asal Jember yang mendapatkan tawaran untuk membantu eksplorasi ini sejak tahun 1996 dimana beliau menjadi saksi dan pelaku sejarah ditemukannya deposit bijih logam di Tumpang Pitu, Pulau Merah, dan lokasi- lokasi lain, sehingga banyak kisah seru yang diceritakan. Pengalaman menegangkan yaitu saat tahun 1998 melakukan eksplorasi geokimia di sisi tenggara Tumpang Pitu bersama salah satu ahli geologi dari Badan Geologi, di kawasan hutan lebat dan tertutup semak-semak, secara tidak sengaja menginjak benda asing. Saat benda yang diinjak bergerak baru menyadari, ternyata ular piton dengan panjang sekitar enam meter. Eksplorasi pada Tumpangpitu dihentikan pada tahun 1998 akhir akibat krisis moneter, sehingga perusahaan yang menaungi eksplorasi di Tumpangpitu tidak aktif. Sejak saat itu Pak Holik diberi tugas oleh PT Hakman Metalindo untuk menjaga



Penulis bersama Pak Holik di *Pit Tumpang Pitu*, karyawan perusahaan yang bekerja sejak tahap eksplorasi tahun 1997 (kiri). Pulau Merah saat masih sepi, pada awal tahun 1998 (kanan)

dan mengawasi sampel-sampel coring hasil pemboran yang terletak di warehouse daerah Tumpangpitu. Tahun 1999 Pak Holik memutuskan untuk mesnetap dan menikah dengan warga setempat. Eksplorasi kembali dilakukan bulan Agustus 2006 oleh Emperor Mines, namun berjalan hanya sebentar kegiatan eksplorasi dilanjutkan oleh PT IMN dan Intrepid Mines. Peralihan perusahaan PT IMN ke PT BSI adalah tahun 2011, eksplorasi lanjutan masih terus dilakukan untuk menentukan letak deposit yang ekonomis di daerah Tumpangpitu. Konstruksi dilakukan pada tahun 2015 dan mulai penambangan akhir tahun 2016. Pak Holik memutuskan memilih ikut dengan mining (operasi produksi) tepatnya di mine geology hingga saat ini.

Pulau Merah Sebagai *Geoheritage*

Pulau Merah merupakan salah satu situs geologi dari Geopark Ijen yang telah diresmikan sebagai geopark nasional sejak tahun 2018. Usaha pemerintah dan jajarannya mengupayakan Ijen Geopark untuk masuk UNESCO Global Geopark (UGG). Tepat pada tanggal 9 September 2023 Ijen Geopark resmi dikukuhkan masuk UGG dalam konferensi

internasional ke-10 UGG yang dilaksanakan di Habous Cultural Complex, Marrakesh, Maroko. Piagam penetapan sebagai Global Geoparks Networks diserahkan langsung oleh Presiden Global Geopark Network Nickolos Zourous. Bupati Banyuwangi Ipuk Fiestiandani diundang menghadiri konferensi prestisius tersebut. *"Geopark Ijen sendiri merupakan taman bumi yang tak hanya memiliki keunikan bentang alam dan kekayaan budaya, namun juga didukung dengan semangat mewujudkan sustainable tourism (wisata berkelanjutan). Geopark Ijen terbentang di seluruh wilayah kabupaten yang secara spesifik kawasannya ada di kawasan Gunung Ijen, Pantai Pulau Merah, TN Alas Purwo. Lengkap dengan beragam kekayaan geosite, biosite, dan culturalsite-nya"* ujar Ipuk. Hal tersebut membuktikan bahwa Pulau Merah mempunyai tingkat keunikan atau keistimewaan kelas dunia, menjadi aset untuk belajar alterasi dan mineralisasi yang dapat dimanfaatkan para ahli geologi dari seluruh dunia.

Penulis:
Mahasiswa Teknologi Geologi Angkatan 2021

Bagaimana Kromit Terbentuk? Bowen Menjawab

Oleh: Gina Maulida

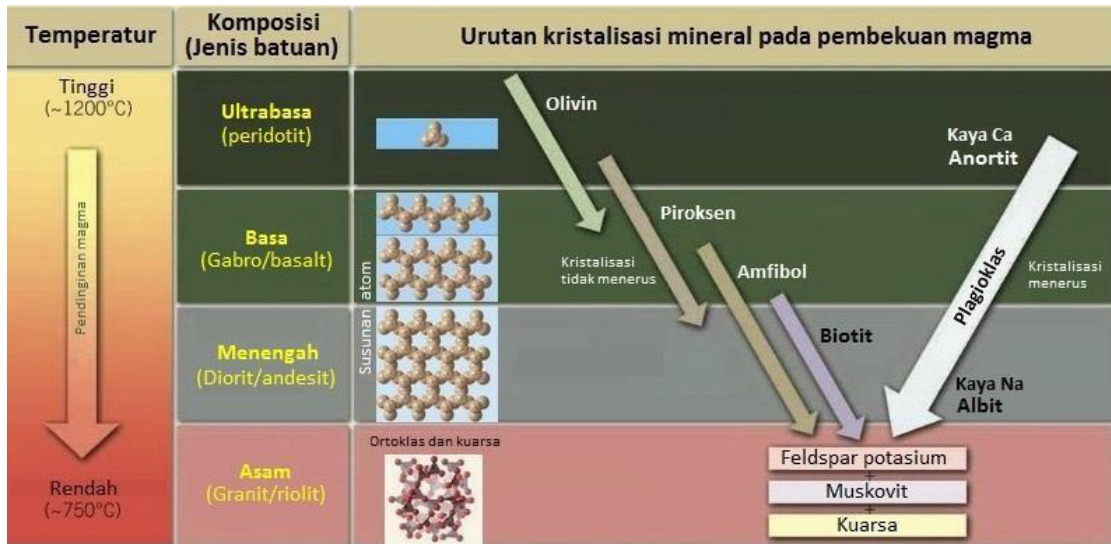


Diagram Seri Reaksi Bowen, menunjukkan urutan terbentuknya mineral pada pembekuan magma (modifikasi dari Lutgens& Tarbuck, 2012 dalam Suprpto, 2023)

Seri Reaksi Bowen

Dalam proses pendinginan magma, yang dimana magma tidak langsung mengalami pembekuan, tetapi mengalami penurunan temperatur yang secara perlahan. Penurunan temperatur disertai pembentukan dan pengendapan mineral sesuai dengan temperaturnya kristalisasinya. Urutan pembentukan mineral dalam magma akibat penurunan temperatur disusun oleh Bowen, dikenal dengan Seri Reaksi Bowen atau Deret Bowen. Deret ini dibagi menjadi dua bagian yaitu Deret Bowen diskontinu (bagian kiri) dan deret Bowen kontinu (kanan).

Deret Bowen diskontinu diawali oleh mineral-mineral yang terbentuk pada suhu tinggi dan kemudian diikuti oleh mineral berbeda yang lebih stabil pada temperatur lebih rendah. Seperti olivin mineral pertama yang terbentuk pada temperatur $\pm 1200^{\circ}\text{C}$,

diikuti oleh piroksen pada suhu yang lebih rendah, selanjutnya amfibol, dan biotit yang terbentuk pada suhu yang lebih rendah dari amfibol.

Deret Bowen Kontinu menjelaskan urutan pembentukan mineral dalam magma pada temperatur yang menurun dimana mineral-mineral yang terbentuk pada temperatur yang lebih rendah tanpa perubahan fasa mineral signifikan. Deret Bowen Kontinu terdiri dari mineral-mineral yang umumnya terkait dengan pembentukan batuan beku lebih asam yang kaya akan silika, tanpa adanya pergantian mineral yang signifikan Feldspar Plagioklas (Kalsium-Natrium). Ortoklas terbentuk pada suhu yang lebih rendah dari feldspar plagioklas. Kuarsa, mineral terakhir terbentuk dalam deret Bowen kontinu pada temperatur paling rendah.

Kromit masif terbentuk bersama olivin, dijumpai di Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan. Sampel koleksi laboratorium PEP Bandung

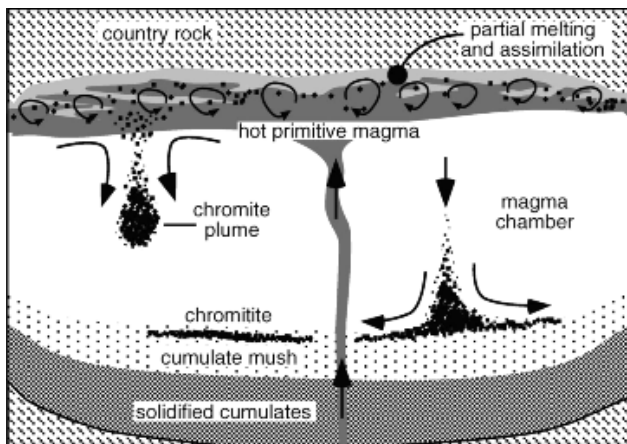


Genesa Kromit

Kromit merupakan mineral oksida dari besi kromium dengan komposisi kimia (FeCr_2O_4) dan bijih logam kromium. Mineral kromit ini terdapat di dalam batuan beku ultrabasa seperti peridotit, serta terdapat pada serpentin, dan batuan metamorf yang terbentuk dari batuan beku ultrabasa.

Kromit terbentuk akibat proses kristalisasi magma. Proses kristalisasi mineral kromit terjadi pada temperatur yang sangat tinggi

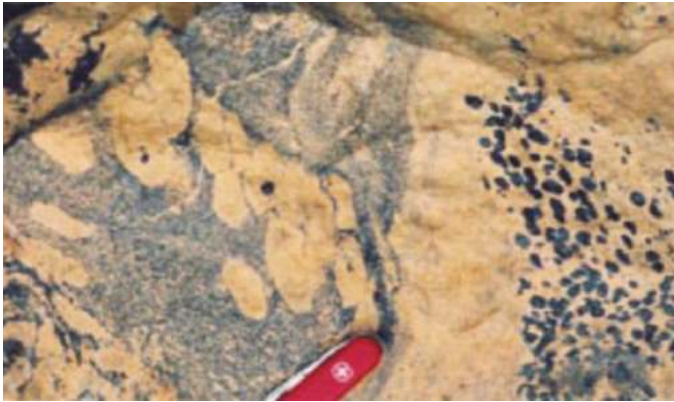
pada bagian bawah tubuh magma. Temperatur pembentukan kromit bervariasi tergantung pada kondisi geologi spesifik, tetapi umumnya berkisar antara sekitar 1.200°C hingga 1.700°C . Mineral-mineral bijihnya terbentuk pada tahap awal diferensiasi magma yang bersamaan dengan pembentukan mineral olivin, piroksen, dan Ca-plagioklas. Nah terjawab oleh Bowen bagaimana kromit terbentuk, melalui diagram Seri Reaksi Bowen atau Deret Bowen, yakni kromit terbentuk dari hasil kristalisasi magma dengan komposisi ultrabasa, temperatur tinggi, bersamaan dengan olivin dan piroksen terbentuk.



Magma membentuk zona peridotit dan kristalisasi kromit (Spandler, dkk., 2005).

Kegunaan Kromium

Logam kromium memiliki berbagai kegunaan dan aplikasi dalam berbagai industri. Beberapa kegunaan utama kromium sesuai sifat-sifatnya meliputi kekerasan, ketahanan korosi, dan warna. Kromium digunakan dalam produksi baja sebagai bahan paduan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap korosi. Kromium juga digunakan dalam paduan nikel-kromium (stainless steel) untuk memberikan sifat tahan korosi yang memberikan kilau logam yang menarik. Kromium yang digunakan dalam industri elektroplating untuk melapisi permukaan



Kromit dalam dunit (Xiong, dkk., 2014)



Lapisan kromit di antara ortopiroksenit (Latypov, Dkk., 2017)

logam dengan lapisan krom yang tahan korosi dan estetik dengan lapisan krom yang dapat memberikan perlindungan tambahan terhadap korosi dan memberikan tampilan yang menarik pada barang-barang konsumen seperti peralatan rumah tangga dan kendaraan bermotor.

Selain untuk industri baja, kromium digunakan juga untuk sebagai pigmen dan pewarna dalam industri cat dan tinta dengan beberapa senyawa kromium yang memberikan warna merah dan hijau. Kromium dapat

digunakan dalam pembuatan baterai alkaline dan baterai aksi lambat. Pada industri kimia kromium digunakan dalam produksi berbagai senyawa kimia, termasuk pigmen warna, zat pewarna tekstil, dan berbagai senyawa kromat dan dikromat dalam laboratorium kimia. Untuk paduan logam kromium digunakan dalam pembuatan paduan logam tertentu, seperti paduan yang digunakan dalam industri ruang angkasa.

Penulis mahasiswi Teknologi Geologi, angkatan 2023



Beberapa produk menggunakan bahan kromium (Riadi., 2021)

Mengenal Laterit, Hasil Pelapukan yang Sedang *Hit*

Oleh: Fasya Zahra Fauziyyah Ramdani

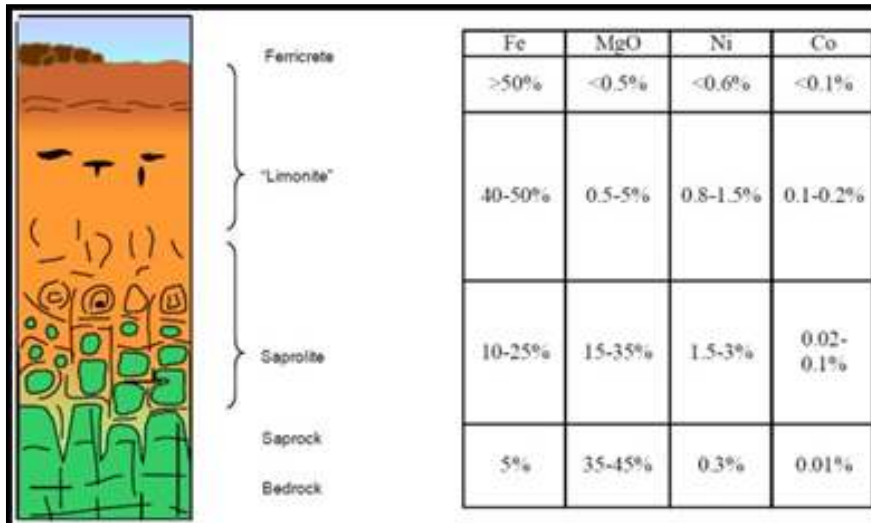


Salah satu contoh profile laterit tipe oxide yang berada di Kalimantan Selatan

Dengan semakin banyak dicarinya logam nikel, istilah “laterit” kini menjadi “hit” alias *nge-top*. Karena, pada endapan pelapukan dari batuan ultramafik inilah nikel (dan juga besi) di Indonesia dijumpai melimpah. Seperti apa laterit itu? Mari kita lihat.

Laterit atau tanah pelapukan merupakan produk akhir atau sisa dari proses pelapukan kimia dimana mineral primer mengalami ketidakstabilan yang disebabkan oleh air, kemudian larut dan pecah membentuk mineral baru yang lebih stabil. Ketebalan laterit suatu daerah dipengaruhi proses lateritisasi. Menurut Elias 2005, Lateritisasi merupakan pelapukan kimia yang terjadi pada iklim yang tropis, dalam jangka waktu yang lama, dan dengan kondisi tektonik yang relatif stabil untuk membentuk regolit (lapisan hasil pelapukan batuan yang menyelimuti batuan dasar) yang cukup tebal dengan karakteristik tertentu.

Di bagian dasar profil laterit ditemukan batuan dasar yang berasal dari batuan ultramafik berupa dunit, peridotit (*harzburgite*, *lherzolite* dan *wehrlite*), piroksenit horblende, dan serpentinit. Batuan ultramafik ini kaya akan mineral-mineral mafik (*ferromagnesian*) seperti mineral silikat berupa olivin, piroksen (*orthopyroxene* dan *clinopyroxene*), horblende, serta mineral *hydrous silicates* berupa mika, grup klorit, dan grup serpentinit. Perlu diketahui, bahwa istilah “ultrabasa” dan “ultramafik” itu berbeda. Secara garis besar batuan ultra mafik termasuk batuan ultrabasa, namun tidak semua batuan ultrabasa itu termasuk ultramafik.



Profil laterit pada batuan ultramafik (Elias,2005)

Di atas batuan dasar terdapat zona *saprock* dan, di atasnya lagi, *zona saprolite*. Batuan asal (ultramafik) pada zona ini akan berubah menjadi saprolit akibat pengaruh air tanah yang memperkaya unsur Ni, akibat Ni bersifat *semi mobile-mobile*. Batuan ultramafik yang memiliki kandungan Ni tertinggi berasal dari dunit, Ni lebih rendah berasal dari peridotit, dan kadar Ni paling rendah berasal dari piroksenit. Mineral pembawa Ni terbesar yakni mineral garnierite, olivin (0,2-0,3%Ni), *orthopyroxenes* (0,05 – 0,1% Ni) dan *clinopyroxene* (< 0,05% Ni).

Zona Saprolit

Zona saprolite (*saprolite*) umumnya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu 1) Zona *Earty Saprolite*, 2) *Zona Rocky Saprolite*, dan 3) *Zona Hard Saprolite*. Masing-masing zona saprolit tersebut memiliki mineral-mineral penciri. Pertama, Zona *Earty Saprolite*, zona ini merupakan zona transisi antara zona limonit dan saprolit, maka dari itu mineral yang ada pada zona limonit masih ditemukan pada zona transisi ini. Pada zona ini akan terjadi perubahan geokimia unsur dimana kadar Fe_2O_3 dan Al_2O_3 akan naik, sedangkan kadar SiO_2 dan MgO akan turun. Tekstur tanah pada zona ini yakni *fine grain – medium grain*. Mineral penciri: Limonit, Serpentin (minor), Mangan, dan Kaolin.

Kedua, *Zona Rocky Saprolite*, merupakan zona saprolit berupa zona lanjutan dari zona *earty saprolite*. Zona ini memiliki tekstur *rocky* karena masih terlihat hasil pelapukan dari batuan asal. Mineral penciri utamanya adalah grup serpentin, grup silikat, garnierit, goetit

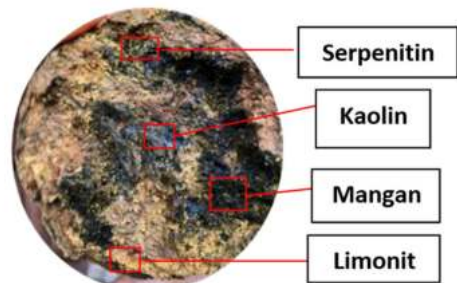


Foto sampel core dari Earty Saprolite dengan tampilan mineral pencirinya.

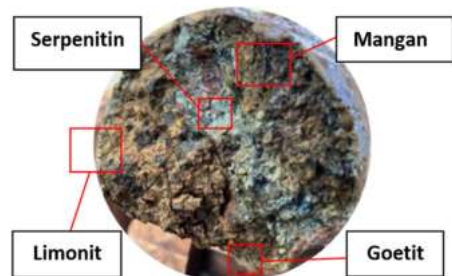


Foto sampel *core* *Rocky Saprolite* atau Saprolite (saprolit) dengan mineral pencirinya



Tampilan Zona *Hard Saprolite*



Kenampakan Zona *Red Limonite*

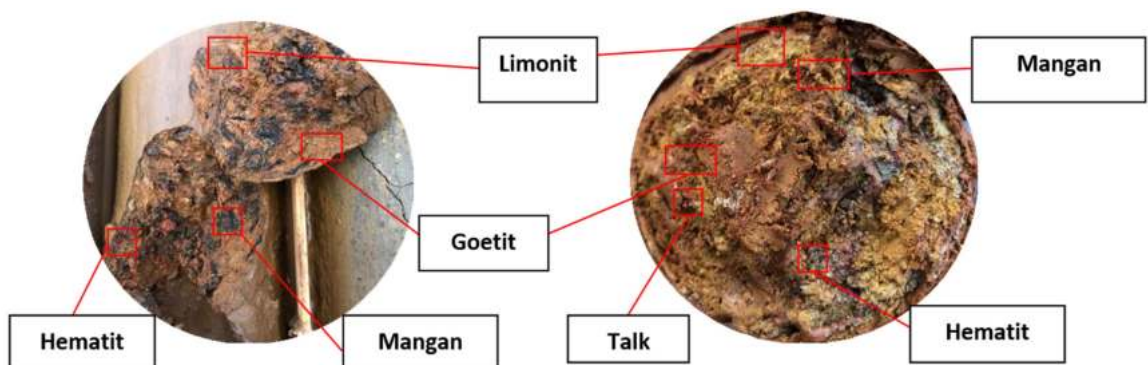
(FeO(OH)), dan mangan (Mg) (minor). Apabila mineral garnierit tidak dijumpai sebagai mineral murni tetapi bercampur dengan mineral serpentin maka kadar nikel dalam bijih menjadi turun. Pada zona ini terjadi pergantian magnesium oleh nikel yang mengakibatkan kadar nikel dalam serpentin akan bertambah.

Ketiga, Zona *Hard Saprolite*, zona ini paling dekat dengan batuan dasar. Pada zona ini sudah terlihat tekstur batuan, dan tekstur lapukan tanah sudah tidak terlihat. Selain itu, pada zona ini ditemukan retakan batuan, dan bongkah batuan yang masih mengandung mineral yang ada pada zona saprolit (mineral primer bercampur dengan mineral ubahan). Mineral penciri utamanya adalah proto mineral batuan dasar menurun, dan grup serpentin.

Zona Limonit

Zona limonit terletak di atas zona saprolit. Pada zona ini mineral primer sudah benar benar hilang dan tergantikan oleh mineral sekunder atau ubahan. Zona ini dibagi dua, yaitu : Zona *Red Limonite* dan Zona *Yellow Limonit*.

Zona Red Limonite merupakan zona yang mengalami tingkat lateritisasi atau pelapukan tertinggi. Karena itu, pada zona ini unsur Fe (besi) akan terkayakan, sehingga kadarnya menjadi tinggi. Selain itu, pada lapisan (zona) ini tak jarang ditemukan *iron gravel*. Mineral penciri utamanya adalah grup serpentin, grup silikat grup, garnierit, goetit, dan mangan sebagai mineral/unsur minor. Mineral penciri utama pada sub zona red limonite adalah magnetit, goetit, hematit, mangan dan *iron gravel*.



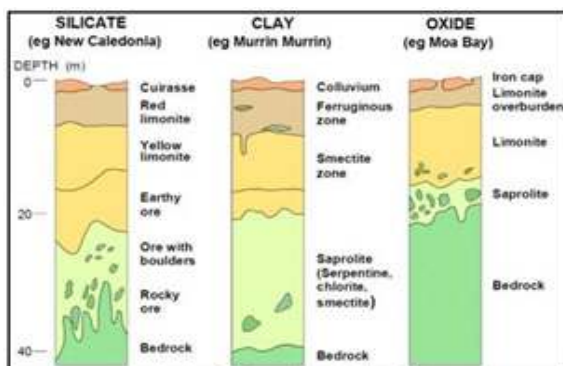
Sampel inti bor endapan laterit dari zona limonit.

Pada Zona *Red Limonite*, bagaimana unsur Fe dapat terkayakan? Unsur Fe (besi) terkayakan akibat dari proses *leaching* yang di sebabkan oleh air hujan ataupun air permukaan yang terinfiltrasi kedalam tanah. Akibatnya air yang bersifat asam tersebut akan melarutkan mineral-mineral yang memiliki sifat mobile seperti Ni dan akan mengendapkan mineral yang bersifat Immobile seperti Fe, Co dan CaO.

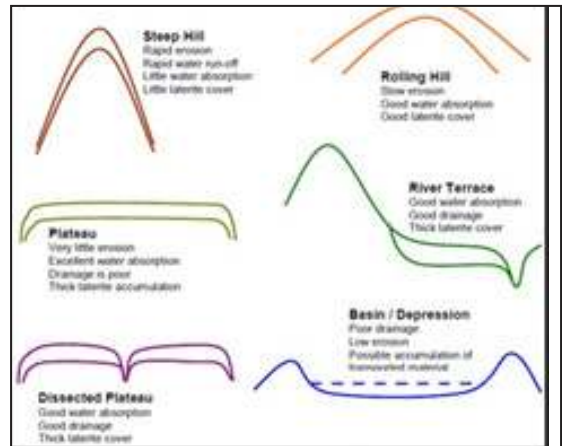
Selanjutnya, Zona *Yellow Limonite*. Zona ini merupakan zona limonit yang memiliki kadar Fe dan Co yang lebih rendah dibandingkan dengan zona *red limonite*. Namun, pada zona ini juga terjadi pengkayaan unsur Fe (besi). Tekstur pada zona limonit ini bervariasi dengan ukuran butir *fine grain* atau halus. Mineral penciri utama pada sub zona ini adalah goetit ($\text{FeO}(\text{OH})$), limonit ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$), hematit (Fe_2O_3), Mangan (Mn), maghemite, talk primer, dan gibsite ($\text{Al}(\text{OH})_3$) sebagai mineral minor.

Jenis Laterit dan Faktor yang Berpengaruh

Tipe laterit hasil laterisasi pada batuan ultramafik menurut Elias (2005) dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan mineralogi penyusun yang dominan yaitu: Laterit Silikat, Laterit Lempung, dan Laterit Oksida. Pertama, Laterit Silikat (*Silicate Laterite*), adalah silikat yang terbentuk di lingkungan iklim tropis. Secara umum, jenis laterisasi ini ditandai dengan pengayaan Ni di zona saprolit yang tersusun atas serpentinit



Tiga tipe atau jenis profil laterit/proses laterisasi (Elias, 2005)



Berbagai jenis topografi tempatterbentuknya laterit (Ahmad, 2006)

sekunder, goethit, smektit, dan garnierit (Elias,2005). Laterit ini terbentuk karena adanya tektonik pengangkatan yang lambat dan terjadi terus menerus serta muka air tanah yang rendah. Akibatnya proses pelapukan yang terjadi dalam kondisi lama akan menghasilkan zona saprolit yang cukup tebal.

Kedua, Laterit Lempung (*Clay Laterite*). Jenis laterit lempung terbentuk pada topografi ang relative landai, sehingga pergerakan air terbatas. Pada kondisi ini pelapukan tidak begitu intens (iklim kering dan iklim dingin) maka silika tidak tercuci dan bergabung bersama Fe dan Al membentuk zona lempung smektit yang mendominasi.

Ketiga, Laterit Oksida (*Oxide Laterite*). Jenis laterit oksida terbentuk di iklim tropis. Keberadaannya paling umum akibat proses pelapukan, yakni, karena keberadaan air, maka mineral primer seperti olivin, orthopiroksen dan serpentin pecah akibat proses hidrolisis, dan terbentuklah *pseudomorph goethite*. Transformasi mineral akibat pelindian menyebabkan hilangnya unsur Mg pada bagian atas dan pengkonsentrasian residu Fe pada bagian atas. *goethite* dan limonit akan mengalami dehidrolisis dan tergantikan oleh hematit. Perubahan goetit menjadi hematit disertai dengan hilangnya Ni karena hematit tidak dapat mengikat unsur Ni.

Perlu diketahui bahwa ketebalan dari laterit itu tidak hanya dipengaruhi oleh air hujan saja loh. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan dari tingkat lateritisasi, yaitu iklim dan curah hujan, topografi. Yuk, kita simak lanjutannya!

Iklim dan curah hujan (panas dan air) merupakan agen utama proses pelapukan kimia. Perubahan temperatur yang ekstrim dalam jangka waktu yang lama akan mempercepat proses pelapukan tersebut. Menurut Van't Hoff perubahan 100 C akan meningkatkan reaksi kimia hingga tiga kali lipat. Selain itu, air yang didapatkan dari curah hujan akan mempengaruhi intensitas pencucian. Pencucian yang kurang akan menghasilkan banyak magnesium dan silika. Sementara pencucian di iklim lembap akan mencegah terbentuknya mineral lempung.

Topografi juga sangat berpengaruh. Sebagai contoh, endapan laterit yang bagus berada dalam kondisi topografi yang landai, karena pada topografi yang landai drainase yang dihasilkan akan lebih baik, proses erosi tidak terlalu cepat, air yang diloloskan tidak terlalu banyak, sehingga proses pencucian akan berlangsung bagus. Pada topografi lainnya (curam atau terlalu datar), erosi terlalu cepat atau pelapukan akan berjalan lambat.

Faktor berikutnya adalah mobilitas unsur. Mineral yang mengalami sifat mobile akan cenderung lebih mudah ter-*leaching* dan akan terendapkan sesuai dengan keadaan pH lingkungan geokimia tertentu. Contoh unsur *immobile* adalah Fe, Ca, Co, P, Al, Mn dan lainnya; unsur semi *mobile* adalah Cr, dll; dan unsur *mobile* adalah Ni, Si, Mg, dan Cl.

Kondisi pH yang terlalu tinggi akan mengurangi tingkat kelarutan mineral, sehingga pH asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Kandungan air asam terbentuk di iklim tropis. Sementara itu, kehadiran struktur yang intens disebabkan oleh kondisi bumi saat terjadi gempa akan menghasilkan rekahan rekahan baru. Hal ini akan mempercepat dan mempermudah air masuk ke dalam tanah hingga batuan. Akibatnya akan mempercepat proses pelapukan.

Faktor lain yang berpengaruh pada lateritisasi adalah batuan asal. Batuan ultramafik akan mengalami proses pelapukan yang lebih cepat, karena memiliki kandungan mineral ferromagnesian yang lebih banyak sehingga mudah mengalami oksidasi. Jadi, tingkat lateritisasi yang tinggi akan menghasilkan zona limonit yang lebih tebal dan kandungan Fe yang lebih banyak (kadar tinggi). Namun, zona saprolit akan cenderung lebih tipis, sehingga kandungan Ni nya tidak akan terlalu tinggi. Tapi khusus untuk keberadaan Ni itu berhubungan dengan tingkat serpentinisasi.

Penulis:
Mahasiswi Teknologi Geologi Angkatan 2020,
Lulus tahun 2023

Silika Boxwork pada Laterit Nikel

Oleh : Febri Anggara



Boxwork silika, lokasi di Pulau Gag, Papua

Sekitar 40 - 50% komposisi kimia batuan ultramafik terdiri dari silika, terutama berupa senyawa sebagai mineral olivin dan piroksen primer, atau sebagai serpentin sekunder. Salah satu struktur dari silika adalah Silika Boxwork

Silisifikasi Dalam Profil Laterit

Secara umum, silika berasosiasi dengan profil laterit dalam dua cara berbeda:

- Sebagai silika masif, membentuk tutup silika tebal, atau *silcrete*.
- Sebagai *boxwork*, lembaran silika dan lensa yang berada di dalam zona limonit, saprolit, atau lempung.

Massive silica cap atau *silcrete* umumnya hadir dalam "fosil" endapan laterit yang telah berkembang di atas batuan ultramafik usia *Precambrian*. Contoh yang bagus adalah endapan laterit tertentu di Brazil dan Australia. Dengan kandungan silika dalam *silcrete* dapat mencapai tingkat 80% dan mungkin memerlukan peledakan selama operasi pengupasan. Tutupan silika tersebut tidak selalu terbatas pada endapan laterit tetapi juga menutupi sedimen dan jenis batuan lainnya.

Sumber silika adalah dari proses *pedogenik* (laterisasi) atau sumber yang lebih regional.

Sementara saat ini silika yang dijumpai menempati pada posisi dengan topografi tinggi, tutupan silikanya kemungkinan telah terbentuk di saat berupa cekungan atau daerah dengan topografi rendah. Proses erosi di permukaan tanah menyebabkan menurunnya topografi tanah, sehingga meningkatkan proses laterisasi pada material tanah yang dilindungi silika.

Menurut Thiry dan Millot (1987), *thick silica caps* atau *silcretes* hanya dapat terawetkan di daerah dengan iklim kering atau basah/kering musiman. Di iklim tropis yang lembab, sirkulasi air terlalu tinggi, sehingga tutup silika umumnya telah hilang. Kadang-kadang silika masif dapat diendapkan di zona saprolit. Sebagian besar silika yang ditemukan di zona limonit, saprolit, dan batuan dasar mempunyai struktur *boxwork* atau jenis lembaran. Lembaran umumnya berorientasi *subhorizontal* atau mengikuti topografi pada



Silika *boxwork* terdapat pada batuan dasar, membentuk urat silika dan *veinlet* silika



Kuarsa transparan berwarna coklat muda atau silika merah ditemukan di Pulau Gag, Provinsi Papua Barat Daya

saat pembentukannya. Hal ini menunjukkan pengendapan silika terjadi pada muka air tanah.

Silika *boxwork* di zona limonit merupakan hasil dari proses laterisasi yang tinggi (High Laterite) Akumulasi silika terjadi di zona saprolit atau batu saprolit (Saprolite rock) di mana rekahan alami atau melalui pelarutan *ekstensif* di sepanjang permukaan. Ketika

saprolit di sekitarnya menjadi *limonisasi* (Setelah pelarutan dan keruntuhan lebih lanjut), endapan silika yang berada di zona saprolit dilanjutkan oleh limonit. Jika urat silika di dalam *boxwork* tebal maka silika *boxwork* dapat mempertahankan bentuk dan geometri aslinya. Jika dinding silika terlalu halus, *boxwork* akan mudah hancur menurut (Waheed Ahmad, 2009).



Mineral *Quartz* terdapat di dalam *Silika Boxwork*

Hampir semua kasus, silika dalam bentuk *boxwork*, lembaran dan lensa berasal dari pelarutan mineral *ferromagnesian* di ultramafik. Jumlah total silika yang terlibat dalam kasus tersebut kecil dan sumber silika di luar ultramafik tidak diperlukan. Bergantung pada kuantitas curah hujan dan musimnya, silika yang dilepaskan dari pelapukan kimia olivin dan *pyroxene* mungkin tidak meninggalkan profil laterit sepenuhnya. Di daerah musim basah-kering, pembilasan silika dari lingkungan laterit tidak lengkap. Silika dapat difiksasi sementara dalam profil dalam bentuk lempung atau sebagai endapan silika kristalin atau koloid. Sebagian besar silika yang diendapkan dalam profil *laterit* - *whether massive, boxwork* atau jenis lembaran - bersifat amorf di alam dan menghasilkan pembentukan endapan kalsedon atau opalin (Waheed Ahmad, 2009).

Silika sering terendapkan di zona saprolitik dari profil laterit, dimana magnesias secara aktif masuk ke dalam larutan. Dalam kasus seperti ini silika membentuk urat dan pengisi celah. Beberapa diantaranya sering terdapat menjadi pengisian pada kekar dan urat sehingga dapat bertahan dengan baik ke tahap *limonisasi* sampai *saprolite* dan menghasilkan

pembentukan *silika boxwork*. Silika yang dilepaskan dari mineral *ultramafic* juga dapat mengkonsolidasikan bagian pelapukan profil melalui proses *sementasi*. Pada proses sementasi dengan silika bersamaan dengan kalsium karbonat (Ca) dan Hematit (Fe_2O_3) sering terjadi di daerah semi – kering atau selama periode dehidrasi di lingkungan tropis.

Resiko Pengeboran

Kehadiran silika menjadi kendala saat dilakukan pengeboran. Dengan kekerasan silika yang tinggi (7 pada skala Mosh) memerlukan tekanan pengeboran tinggi. Selain itu, pengeboran memerlukan jenis mata bor yang dapat menggerus silika, yakni *diamond bit*. Sedangkan apabila pengeboran mengenai *silika boxwork* jenis berlembar, rawan terjadinya *lost circulation*.

Penulis:
Mahasiswa Teknologi Geologi Angkatan 2020,
Tahun Lulus 2023



Eksplorasi Emas Hitam

Oleh: Sindu Bondan Prabowo

Pada bidang energi, Indonesia merupakan salah satu negara eksportir energi atau bahan bakar yang besar berupa batubara. Salah satu kekayaan alam di bidang energi, batubara perlu dimanfaatkan secara bijak. Batubara memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi dunia.

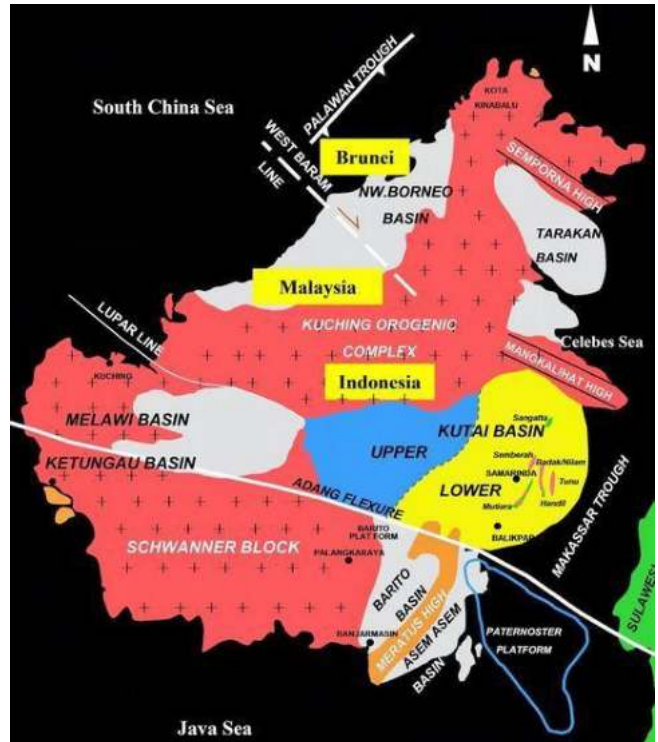
Pemanfaatan batubara hampir 40% digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap atau PLTU. Hasil pengolahan batubara juga bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar mesin besar. Selain itu produk turunan dari batubara dapat digunakan untuk pembuatan sabun, aspirin, zat pelarut, pewarna, plastic, dan juga fiber.

Genesis Batubara

Batubara melampar secara luas di pulau Kalimantan dengan cakupan area pengendapan yang sangat luas. Cakupan pengendapan tersebut sering disebut dengan cekungan (basin), secara dominan batubara di Kalimantan terbentuk di area rawa.

Pada peta fisiografi Kalimantan terdapat beberapa cekungan besar penghasil batubara yaitu: Cekungan Melawi (Perbatasan Kalimantan Barat), Cekungan Barito (Bagian Tengah-Selatan-Timur Kalimantan Tengah). Dan Cekungan Kutai (Bagian Utara-Timur Laut Kalimantan Tengah. Cekungan-cekungan tersebut kaya akan batubara.

Secara genesa Batubara terbentuk dari pengendapan bahan organik berupa tumbuhan yang mati kemudian terendapkan selama jutaan tahun. Dalam proses pembentukannya batubara tidak mengalami pembusukan secara sempurna, kemudian mendapatkan tekanan dengan kondisi kedap udara. Proses pengendapan tersebut terjadi di area rawa atau dasar danau atau pada suatu area yang memiliki pengendapan dengan bentuk butir sangat halus. Proses pengendapan batubara diikuti bersamaan dengan aktivitas tektonik. Terdapat juga batubara hasil transpot oleh aliran



Fisiografi regional cekungan kalimantan (Andang Bachtiar, 2006)

Pembagian tingkatan batubara menurut ASTM

No	Jenis Batubara		Fixed Carbon	Volume Meter (%)	Calori (Cal/Kg)
1	Antrasit	Meta Antrasit	> 98 %	< 2%	-
		Antrasit	92 – 98	2 – 08	-
		Semi Antrasit	86 – 92	8 – 14	-
2	Bituminous	Low Volatite Bituminous	78 – 86	14 - 22	-
		Medium Volatite Bituminous	69 – 78	22 – 31	-
		High Volatite A Bituminous	< 69	31	> 7781
		High Volatite B Bitumenous	-	-	7226 – 7781
		High Volatite C Bituminous	-	-	6392 – 7226
3	Sub Bituminous	Sub Bituminous A	-	-	5836 - 6392
		Sub Bituminous B	-	-	5280 – 5836
		Sub Bituminous C	-	-	4613 - 5280
4	Lignit	Lignit A	-	-	3502 – 4612
		Lignit B	-	-	< 3502

sungai. Umumnya batubara yang terbentuk hasil transportasi memiliki kalori yang lebih rendah dan memiliki pengotor lebih banyak, contoh nya adalah batubara area delta. Area pembentukan batubara memiliki pengaruh terhadap kelas atau tingkatan batubara. Menurut American Standar Testing Mineral (ASTM), batubara diklasifikasikan tingkatannya berdasarkan beberapa parameter.

Pada peta fisiografi Kalimantan terdapat beberapa cekungan besar penghasil batubara yaitu: Cekungan Melawi (Perbatasan Kalimantan Barat), Cekungan Barito (Bagian Tengah-Selatan-Timur Kalimantan Tengah). Dan Cekungan Kutai (Bagian Utara-Timur Laut Kalimantan Tengah. Cekungan-cekungan tersebut kaya akan batubara.



Lokasi Pengeboran



Singkapan Batubara



Sampel core (inti bor) batubara



Resin pada Batubara

Secara genesa Batubara terbentuk dari pengendapan bahan organik berupa tumbuhan yang mati kemudian terendapkan selama jutaan tahun. Dalam proses pembentukannya batubara tidak mengalami pembusukan secara sempurna, kemudian mendapatkan tekanan dengan kondisi kedap udara. Proses pengendapan tersebut terjadi di area rawa atau dasar danau atau pada suatu area yang memiliki pengendapan dengan bentuk butir sangat halus. Proses pengendapan batubara diikuti bersamaan dengan aktivitas tektonik. Terdapat juga batubara hasil transpot oleh aliran sungai. Umumnya batubara yang terbentuk hasil transportasi memiliki kalori yang lebih rendah dan memiliki pengotor lebih banyak, contoh nya adalah batubara area delta. Area pembentukan batubara memiliki pengaruh terhadap kelas atau tingkatan batubara. Menurut American Standar Testing Mineral (ASTM), batubara diklasifikasikan tingkatannya berdasarkan beberapa parameter.

Untuk mengetahui kelayakan produksi batubara, perlu dilakukan kegiatan eksplorasi. Tahapan eksplorasi batubara dibagi menjadi beberapa tahap yaitu Pra-eksplorasi, Survei Tinjau, Prospeksi, Eksplorasi Pendahuluan, Eksplorasi Rinci, dan Studi Kelayakan. Kegiatan utama pada eksplorasi batubara adalah pemetaan geologi batubara dan pengeboran eksplorasi untuk mendapatkan sampel inti batubara dari bawah permukaan. Hasil pemetaan akan menentukan kelanjutan eksplorasi, yakni pengeboran eksplorasi seperti

penempatan titik bor dan juga interval atau spasi titik bor.

Pengeboran Eksplorasi

Pengeboran adalah tahapan kegiatan eksplorasi rinci untuk mendapatkan sampel litologi atau batuan bawah permukaan dengan bentuk berupa sampel inti bor (core). Sampel core tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan kedalaman keterdapatan batubara dan juga ketebalan sebenarnya dari batubara. Dalam pengeboran eksplorasi ada beberapa jenis pengeboran yang dapat di terapkan yaitu sebagai berikut:

1. *Full Coring*, pengeboran yang dilakukan dengan mengambil sampel inti bor secara penuh dan utuh dari kedalam awal hingga kedalam maksimal yang di tentukan. Biasanya kegiatan full coring dilakukan pada eksplorasi batubara, dengan melakukan pengambilan sampel sekaligus untuk kepentingan geotek.
2. *Open Hole*, metode open hole dilakukan dengan mengebor satu titik tanpa melakukan pengambilan sampel core atau inti bor, data yang diambil pada pengeboran ini adalah data cutting batuan (remukan batuan) yang tergerus mata bor, dan dibawa ke permukaan oleh aliran lumpur bor.
3. *Touch Coring*, pengambilan sampel pengeboran metode touch coring dilakukan saat pengeboran (mata bor) menyentuh batubara bagian roof atau bagian atas pada lapisan batubara.

Logging Geofisika

Setelah dilakukan pengeboran, diikuti Logging Geofisika. Logging geofisika adalah kegiatan mengoreksi suatu lubang bor menggunakan alat geofisika, tujuannya adalah untuk mendapatkan ketebalan atau thicknes batubara sebenarnya menggunakan alat pemancar secara fisika. Logging geofisika yang digunakan pada eksplorasi batubara yakni logging calipper, gamma ray, short density, dan long density. Setiap jenis logging tersebut memiliki fungsi dan tujuan yang berbeda



Alat Logging Geofisika

akan tetapi dilakukan secara bersamaan menggunakan satu alat yang dimasukkan ke dalam lubang bor.

1. Calipper

Logging calipper ini bertujuan untuk mengetahui ukuran lubang pengeboran, biasanya logging ini digunakan untuk mengetahui apakah di dalam lubang bor terdapat rongga atau rekahan akibat dari runtuhnya lubang atau adanya retakan secara alami. Apabila terdapat rekahan atau rongga pada lubang bor akan menyebabkan terjadinya water lost atau air yang digunakan untuk menaikkan material cutting dan juga pelumas dalam pengeboran mengalir ke dalam rekahan sehingga cutting tidak dapat naik ke permukaan

2. Gamma ray

Logging gamma ray dilakukan untuk mengetahui keterdapatan batubara dan jenis litologi lainnya melalui pancaran sinar radiasi yang dipancarkan oleh radiator yang kemudian dipantulkan oleh litologi yang ada pada lubang bor dan kemudian direkam nilainya oleh alat logging atau probe. Selain mengetahui litologinya, logging gamma ray ini digunakan untuk mengoreksi ketebalan batubara yang dimana data gamma ray akan digabungkan dengan data long density dan juga short density.

3. Density (*short dan long*)

Logging menggunakan density adalah logging yang digunakan untuk mengetahui massa jenis atau densitas suatu batuan yang ada di lubang bor. Perbedaan dari short dan long density adalah terkait cakupan dan ketelitiannya. Data logging density akan digabungkan dengan data gamma ray untuk mengetahui ketebalan sebenarnya dan juga jenis litologi yang terdapat dalam suatu lubang bor.

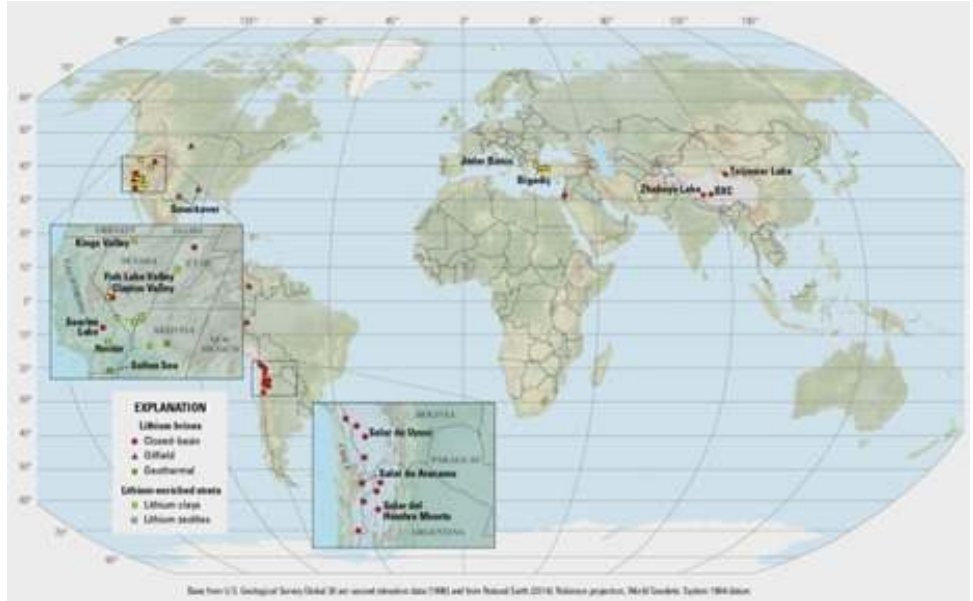
Logging geofisika yang dilakukan pada pengeboran eksplorasi batubara ini bertujuan untuk mengoreksi ketebalan lapisan batubara yang terdapat dalam suatu lubang bor. Kegiatan logging ini dilakukan sesaat setelah selesai dilakukan pengeboran, agar air yang di gunakan untuk menaikkan data cutting tidak megendapkan material di dalamnya.

Penulis: Mahasiswa Teknologi Geologi
Angkatan 2021

Potensi Lithium Pada Brine

Oleh: Putri Rindu Bunga Kasih

Lokasi dengan cadangan litium *brine* besar (Bradley, dkk., 2017)



Litium kini menjadi populer di dunia industri. Bagaimana tidak jika litium telah menarik lebih banyak minat seiring dengan angka produksinya sebagai komoditas utama yang akan menggerakkan energi transisi. Litium adalah salah satu komponen kunci dalam teknologi penyimpanan energi ramah lingkungan.

Litium dihasilkan dari padatan atau tambang litium dan dihasilkan juga dari fasa cair (*brine*). Kedua jenis litium tersebut belum diproduksi di Indonesia. Selain itu potensi yang terungkap masih terbatas. Produksi litium dari *brine* dalam jumlah besar di antaranya di Argentina dan Chili, yakni menghasilkan air garam (*brine*) litium dari pengeboran di area gurun garam.

Pada estimasi potensi litium dari *brine*, dapat dilakukan dengan menghitung laju alir massa *brine* dan konsentrasi litium. Massa total litium yang dapat diperoleh dari *brine* dapat dihitung (Neupane dan Wendt, 2017). Litium *brine* terbagi menjadi tiga tipe yaitu Kontinental, Geotermal, dan Lapangan Minyak (*Migas*).

- Tipe Kontinental, penghasil litium *brine* terbesar terdapat di Argentina, Chile, dan Bolivia.
- Tipe Geotermal, penghasil litium *brine* terdapat di Salton Sea-California.
- Tipe Lapangan Minyak (Richter, 2019), tipe migas penghasil litium *brine* dapat dijumpai di Smackover-Amerika.

Litium Brine Geotermal

Pemanfaatan energi panas bumi sebagai pembangkit listrik melibatkan produksi fluida dalam jumlah sangat besar. Potensi panas bumi ternyata tidak hanya untuk energi saja, akan tetapi fluida panas bumi mengandung unsur-unsur terlarut yang dapat diekstraksi

menghasilkan bahan yang bernilai ekonomis. Beberapa negara, telah memproduksi fluida panas bumi yang mempunyai kandungan mineral terlarut yang tinggi dan bernilai ekonomi.

Brine yang diproduksi pada sumur Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), saat dilewatkan separator sebagian berubah menjadi uap yang berfungsi untuk mendorong turbin, namun masih ada sebagian yang masih tersisa sebagai *brine*. Pada sistem PLTP, *brine* tersisa tersebut diinjeksikan kembali ke dalam reservoir. Unsur terlarut dengan kadar menjadi semakin tinggi dijumpai pada fluida/*brine* yang berasal dari separator, karena sebagian *brine* terpisah menjadi uap untuk memutar turbin, sehingga *brine* yang tersisa dalam fasa cair menjadi lebih pekat. Sebelum *brine* tersisa diinjeksikan kembali ke dalam bumi, kandungan bahan ekonomi terlarut pada fluida tersebut, seperti litium dapat terlebih dahulu diekstraksi (Patterson, 2006).

Litium memiliki sifat yang sangat mudah larut dan umumnya akan tetap berada dalam bentuk larutan, dari sejak fluida diproduksi dari reservoir sampai diinjeksikan kembali ke dalam reservoir. Berbeda dengan silika, ketika mengalami perubahan atau penurunan temperatur akan terendapkan atau tidak terlarut.

Fluida pada temperatur permukaan akan mempunyai salinitas atau TDS kurang dari 1000 ppm, pada temperatur yang tinggi salinitas dapat lebih dari 300.000 ppm (Entingh dan Vimmerstedt, 2005 dalam Blommquist, 2006). Hickson dan Coolbaugh (2017) menyebutkan bahwa peningkatan temperatur sangat signifikan meningkatkan kandungan litium terlarut pada hidrotermal. Ketika melakukan eksplorasi panas bumi, analisis kimia dari mata air panas atau *hot springs* dapat digunakan untuk estimasi temperatur yang ada pada reservoir di dalam bumi. Kandungan unsur dari mata air panas untuk menentukan geotermometer antara lain yaitu Na/Li/K/SiO₂ jadi ada beberapa pendekatan untuk menentukan atau mengestimasi temperatur reservoir di dalam bumi. Geotermometer Na/Li (Fouillac, dkk., 1981) ketika kandungan

litium (Li) pada mata air panas tinggi, maka temperatur reservoir di dalam bumi juga tinggi. Sehingga ketika ingin mendapatkan litium yang tinggi, maka harus mencari fluida/*brine* dengan temperatur yang tinggi. Hal ini tidak hanya fluida/*brine* pada geotermal dan hidrotermal, namun berlaku juga untuk *brine* pada Migas.

Litium pada *brine*, proses yang di reservoir panas bumi atau geothermal, terjadi pelarutan-pelarutan pada temperatur sekitar 300°. Semakin tinggi temperatur semakin tinggi unsur yang dapat terlarut (Bloomquist, 2006). Air yang terus berputar/berkonveksi karena temperatur yang tinggi, melarutkan bahan yang bersumber dari magmatik, air formasi, air metamorfik, dan batuan yang dilewati. Sehingga menghasilkan fluida dengan *Total Dissolved Solids (TDS)* yang sangat tinggi, akibat konveksi air panas yang berlangsung dalam kurun waktu ribuan tahun. Termasuk terkandung juga litium.

Kadar ekonomis litium ditentukan dengan membandingkan litium pada fluida geotermal di New Zealand, 3-29 mg/kg dan litium di Salton Sea-California, 194-230 mg/kg dan sampai saat ini litium di Salton Sea-California menjadi yang paling ekstrim di dunia. Konsentrasi tinggi tidak selalu mempunyai nilai ekonomi yang tinggi pula, hal ini sangat tergantung pada kandungan pengotornya, yang mana dapat mempengaruhi biaya ekstraksi (Mroczek, Dkk., 2015). Jadi tinggi atau rendahnya akan dilihat komposisi unsur – unsur yang lain, yang akan mempengaruhi biaya ekstraksinya nanti.

Indonesia memiliki kondisi geologi yang tidak jauh berbeda dengan negara-negara lain seperti Amerika. Posisi Indonesia yang berada pada jalur cincin api pasifik dengan 129 gunung aktif membuat negeri kita ini memiliki sumber daya panas bumi (geotermal) yang melimpah. Indonesia memiliki potensi panas bumi dan minyak yang besar, tentunya menjadi peluang untuk diperoleh potensi litium *brine* seperti di Amerika. Di Indonesia dari mata air panas keterdapatan peninggian kandungan litium pada daerah panas bumi vulkanik maupun non-vulkanik dengan tipe fluida khlorida, menghasilkan kandungan litium



Peta lokasi daerah panas bumi dan kandungan Li tinggi pada mata air panas. Nilai tinggi dijumpai pada daerah panas bumi vulkanik maupun non-vulkanik (Suprpto dkk., 2020)

6,2-12,5 mg/l.

Pada PLTP Dieng, *brine* sebelum diinjeksikan ke dalam bumi masuk ke separator dan AFT/silencer kemudian *brine* tersisa dialirkan pada saluran terbuka menuju kolam pengendapan silika. Pada PLTP Dieng ini, litium ataupun unsur ekonomis lainnya yang terlarut pada *brine* di kolam pengendapan apabila dilakukan pemurnian unsur terlarutnya tidak akan mengganggu sistem pembangkitan.

Hasil dari sampel yang diambil dari beberapa sumur PLTP Dieng, *brine* memiliki kadar litium yang tinggi 50,11-99,44 mg/l dengan total debit 457,1 m³/jam. Jika dibandingkan dengan New Zealand dengan kadar 3-29 mg/kg maka kadar litium *brine* Dieng relatif tinggi. Estimasi Potensi litium pada *brine* PLTP Dieng, dapat menghasilkan sekitar 25,4 ton/bulan atau 304,8 ton/tahun dengan kapasitas terpasang 60 MW. Sementara potensi panas bumi Dieng 780 MW, sehingga total potensi unsur yang dapat dikembangkan akan jauh lebih besar apabila seluruh potensi energi panas buminya dikembangkan. Perancis menghasilkan litium sebesar 2.000 ton/tahun, maka jika seluruh potensi energi panas bumi Dieng dikembangkan akan bersaing bahkan lebih besar dibandingkan litium yang diproduksi dari PLTP di Perancis (Suprpto, 2020).

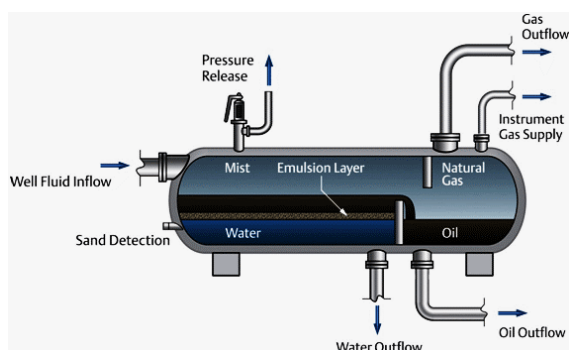
Litium Air Terproduksi Pada Migas

Litium *brine* pada air terproduksi pada Migas memiliki sifat yang sama dengan litium pada geotermal, yaitu sangat mudah larut dan umumnya akan tetap berada dalam bentuk larutan, dari sejak *brine* Migas diproduksi dari dalam bumi sampai diinjeksikan kembali ke dalam bumi. Sebagaimana pada lapangan panas bumi, pada lapangan Migas dengan temperatur tinggi cenderung dijumpai juga kadar litium terlarut tinggi. Lapangan Migas dengan temperatur tinggi antara lain di Bula, Pulau Seram, NTT, yakni sampai di permukaan temperatur Migas masih berkisar 150° – 170°C.

Pada produksi Migas, terdapat tiga komponen yang keluar dari sumur, yaitu air, gas, dan *crude oil*. Ketiga komponen inilah yang disalurkan ke dalam separator horizontal/vertikal tiga fasa. Sesuai dengan namanya, separator tiga fasa bertujuan untuk memisahkan tiga fasa yaitu air, gas, dan minyak. Prinsip kerja separator tiga fasa yaitu didasarkan pada perbedaan densitas air, minyak, dan gas. Pada separator, gas berada pada posisi paling atas, kemudian minyak, dan di posisi paling bawah adalah air. Dari separator akan didapatkan *brine*/air yang mengandung unsur-unsur terlarut salah satunya litium.

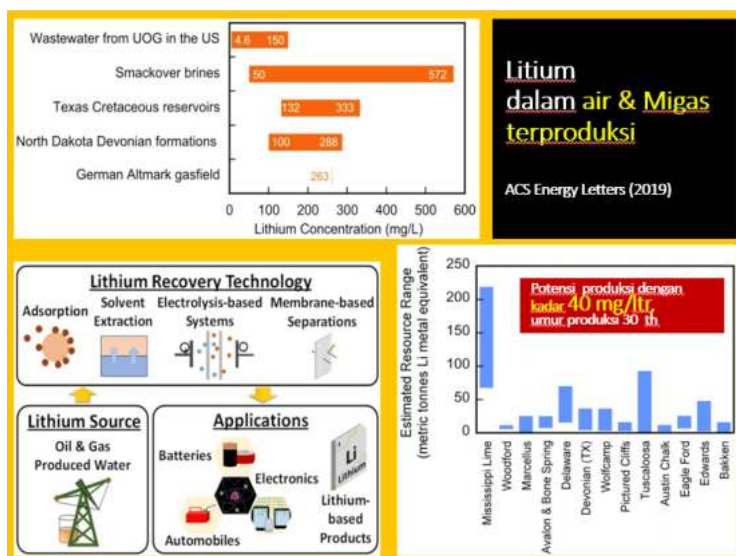


Kolam pengendapan silika di PLTP Dieng, dengan brine mengandung litium kadar tinggi



Separator Tiga Fasa (Sumber: <https://images.app.goo.gl>)

Brine yang teralirkan bersama migas meskipun kandungan unsur terlarutnya rendah, memungkinkan menghasilkan litium dalam jumlah yang ekonomis. Hal ini mengingat biaya untuk memproduksi *brine* tertutupi oleh biaya dari produksi Migasnya. Pada beberapa lapangan minyak di Amerika dapat diproduksi litium secara ekonomis selama 30 tahun, dari *brine* dengan kandungan rata-rata litium 40 mg/liter pada air terproduksi. Brine pada beberapa lapangan Migas di Amerika Serikat mempunyai kadar 50 mg/l hingga 100 mg/l litium (ACS Energy Letters, 2019).



Potensi litium dalam air Migas terproduksi (ACS Energy Letters, 2019).



Pemetaan Wilayah Administrasi Desa dengan Drone

Oleh: Fidela Rikmayanthi K. dan Nadya Finlandini

Kejadian banjir bandang yang terjadi di wilayah Jatihandap, Kota Bandung mengakibatkan sekitar 1300 warga yang menjadi korban bencana. Korban yang terdampak banjir bandang adalah warga yang tinggal di dekat sungai. Salah satu penyebab terjadinya banjir di kota Bandung adalah kritisnya wilayah disekitar Bandung Utara yaitu lahan-lahan hijau sudah semakin tipis dan laju air tidak ada yang menahan.

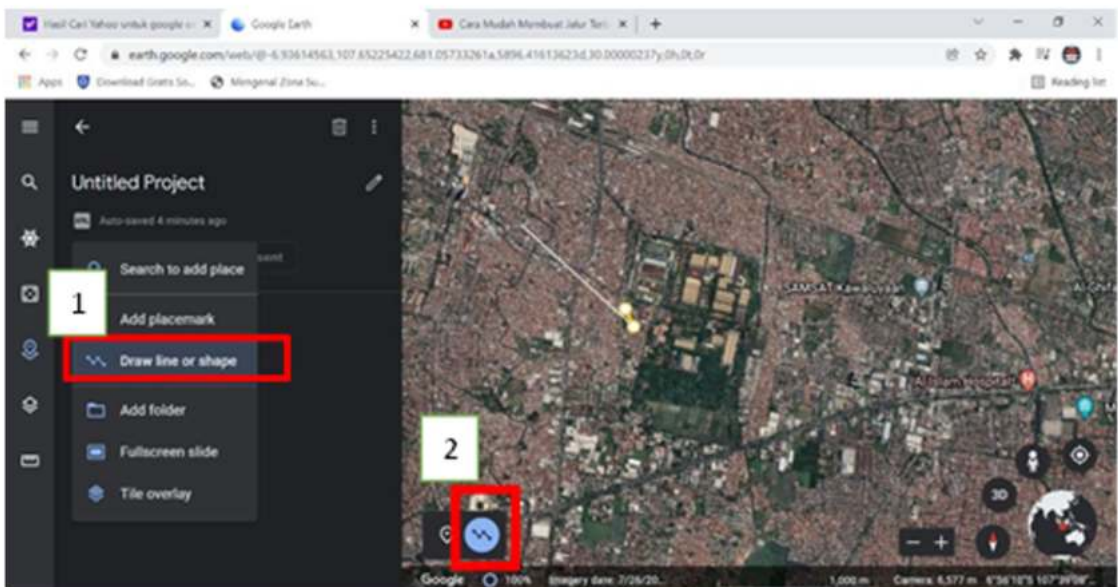
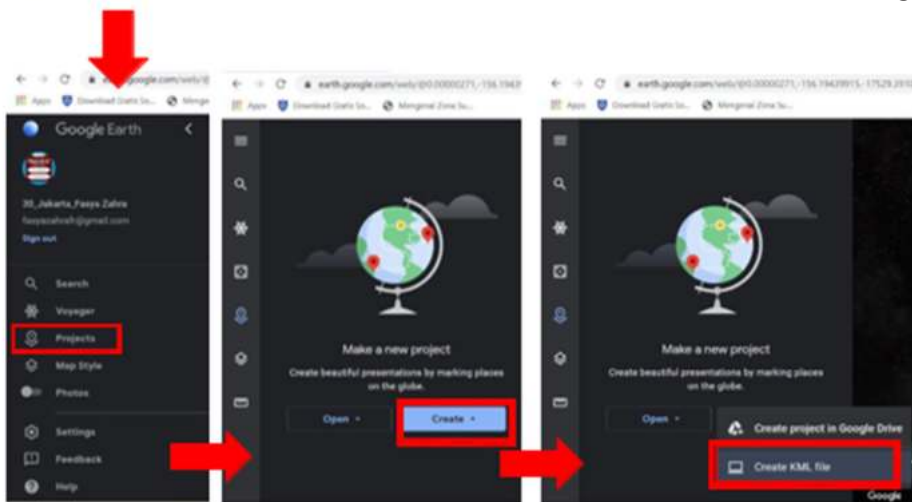
Dengan semakin majunya teknologi digital penggunaan UAV atau drone memiliki keunggulan untuk memetakan wilayah kebencanaan, dibandingkan dengan citra satelit drone dapat dioperasikan relatif cepat dan berulang, mampu terbang rendah sehingga menghasilkan citra resolusi tinggi, biaya lebih rendah, aplikasi yang beragam, dan tanpa menggunakan pilot, sedangkan

citra satelit waktu perekamannya sudah ditetapkan, adanya gangguan awan, dan gangguan-gangguan lain saat perekaman (Shofiyanti, 2011). Pemanfaatan UAV/drone hingga saat ini telah banyak dilakukan antara lain monitoring tata ruang kota, melihat kawasan hutan, perhitungan jumlah pokok tanaman, identifikasi perubahan lingkungan, konstruksi bangunan, industri, pemetaan lahan,



tata ruang, pemetaan batas wilayah administrasi daerah/kota hingga kebencanaan.

Langkah pertama yang harus dilakukan saat akan melakukan proses pemetaan menggunakan drone adalah dengan membuat jalur terbang drone pada google earth. Langkah awal adalah dengan membuka web Google Earth lalu pilih

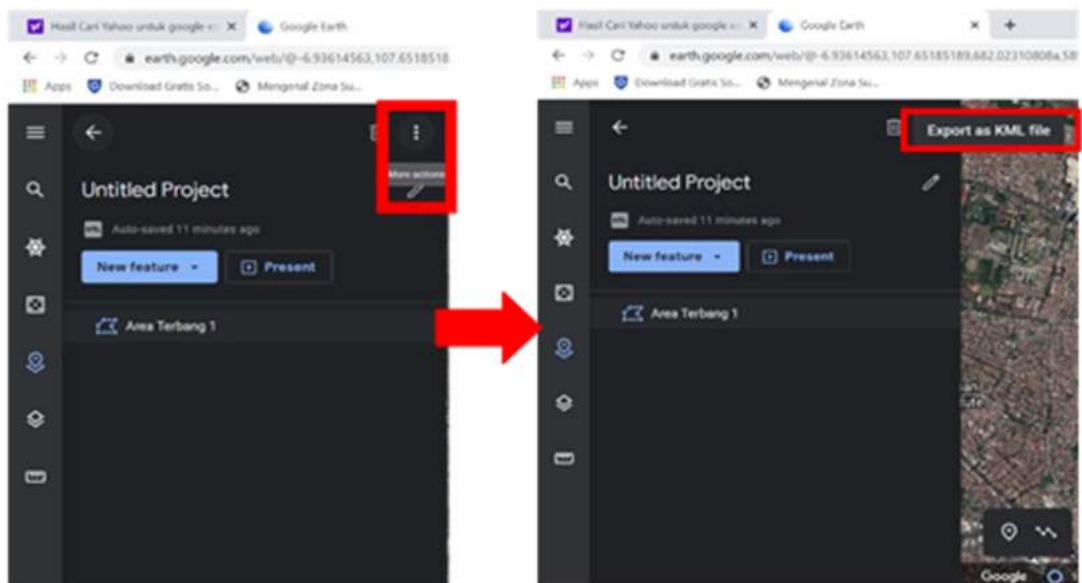
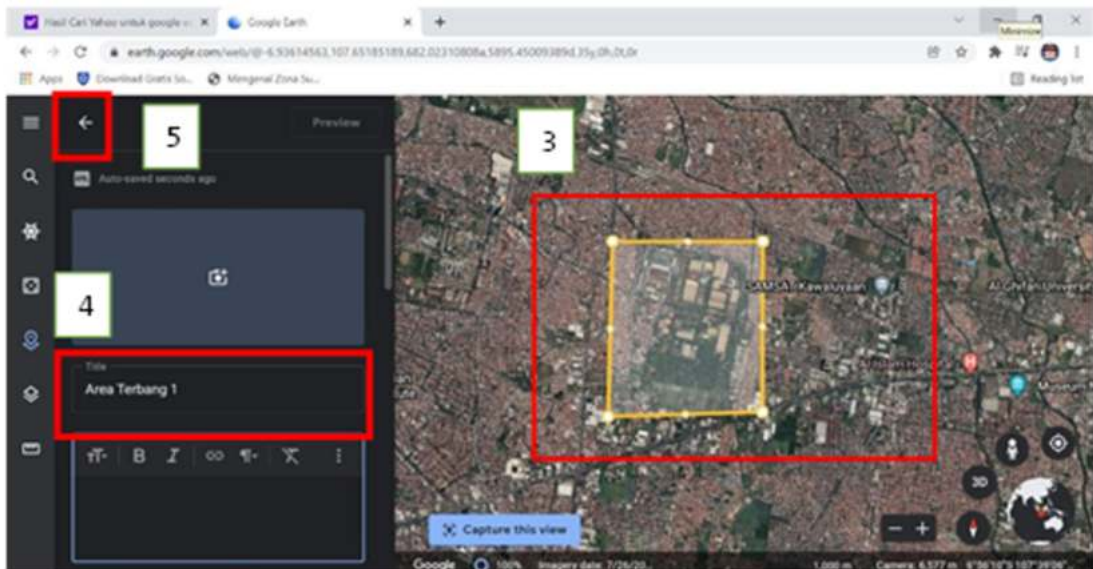


tanda garis tiga seperti digambar, kemudian pilih Projects lalu Create, setelah itu masuk ke menu Create KML File kemudian pilih New Feature, lalu pergi ke menu Draw line or Shape lalu Klik point dan selanjutnya Buat area terbang.

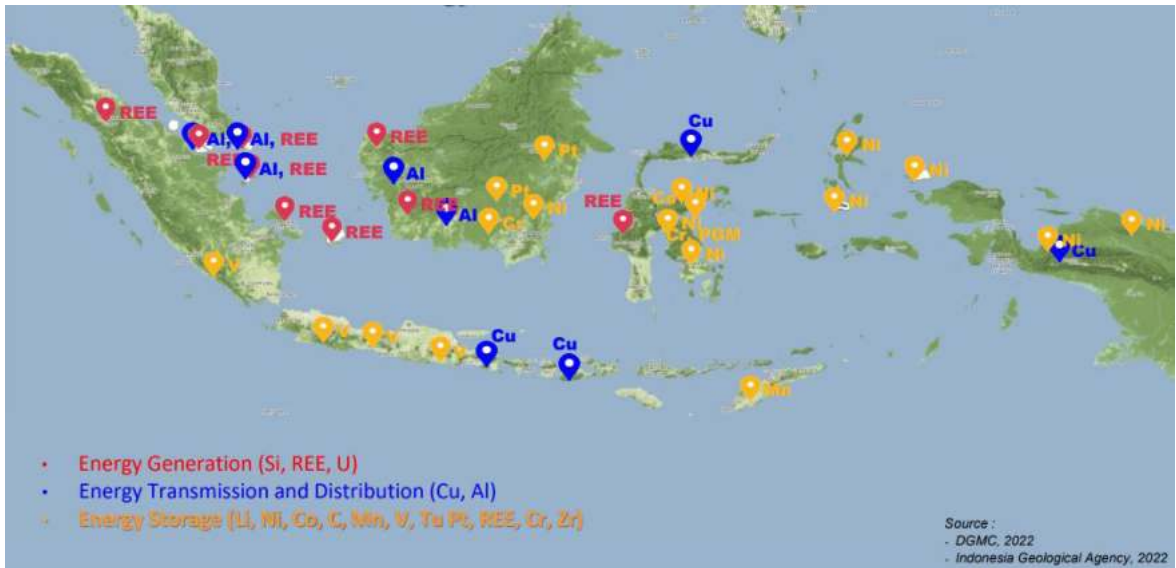
Selanjutnya kita tinggal membuat Title lalu pilih menu More actions, setelah selesai membuat jalur terbang pada Google Earth kita perlu merubah file tersebut menjadi KML,

langkahnya adalah seperti berikut : Export as KML File kemudian Convert KML File tersebut ke dalam SHP, Jika ingin lebih jelas lagi bisa ikuti tutorial gambar dibawah ini.

Penulis: Mahasiswi Teknologi Geologi 21



Potensi Mineral Kritis Sebagai Kunci Transisi Energi di Indonesia



Sebaran komoditas mineral kritis di Indonesia (DGMC & Indonesia Geological Agency, 2022)

Oleh:

Ayumi Hana Putri Ramadhani

Fasya Zahra Fauziyyah Ramdani

Memasuki era industri 4.0, perkembangan teknologi mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Hampir seluruh sektor industri terus melakukan inovasi untuk menciptakan teknologi terbaru serta ramah lingkungan, termasuk industri pertambangan mineral dan batubara atau Minerba. Untuk menunjang hal tersebut terdapat salah satu primadona, yaitu mineral kritis (*critical raw materials*).

Apa itu Mineral Kritis?

Kalian pernah dengar apa itu mineral kritis? Mineral kritis (*critical raw materials*) adalah mineral yang memiliki manfaat untuk perekonomian dan pertahanan nasional, memiliki risiko tinggi terhadap pasokan, dan tidak memiliki pengganti (substitusi) yang layak. Perumusan mineral kritis ini dilakukan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) untuk mengatasi lemahnya ketahanan cadangan mineral dan tingginya impor mineral tertentu, yakni tertuang dalam Kepmen ESDM Nomor 296.K/MB.01/

MEM.B/2023. Seiring dengan upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak perubahan iklim, terjadi pergeseran besar dalam sektor energi menuju sumber daya terbarukan. Meskipun inisiatif ini penting untuk masa depan bumi, namun perhatian juga harus difokuskan pada peran mineral kritis dalam memungkinkan transisi energi.

Penetapan jenis mineral tersebut didasarkan pada kebutuhan bahan baku dalam industri strategis nasional, memiliki nilai manfaat untuk perekonomian nasional dan

Jenis komoditas yang tergolong dalam Klasifikasi Mineral Kritis sesuai dengan Kepmen ESDM Nomor 296.K/MB.01/MEM.B/2023

Aluminium (Bauksit)	17. Indium	33. Selenium
Antimoni	18. Kalium	34. Seng
Barium (Barit)	19. Kalsium	35. Silika (Pasir Kuarsa, kuarsit, kristal kuarsa)
Berilium	20. Kobal	36. Sulfur (Belerang)
Besi (Bijih dan Pasir Besi)	21. Kromium (Kobalt)	37. Skandium
Bismut	22. Litium	38. Stronsium
Boron	23. Logam Tanah Jarang	39. Tantalum
Kadmium	24. Magnesium	40. Telerium
Feldspar	25. Mangan	41. Tembaga
Fluorspar	26. Merkuri (Sinabar)	42. Timah
Fosfor	27. Molibdenum	43. Titanium
Galena	28. Nikel	44. Torium
Germanium	29. Niobium	45. Wolfram
Grafit	30. Palladium	46. Vandium
Galium	31. Platinum	47. Zirkonium
Hafnium	32. Ruthenium	

pertahanan keamanan negara, memiliki risiko tinggi terhadap pasokan, serta tidak memiliki pengganti yang layak. Dengan demikian, komoditas ini harus memiliki regulasi yang kuat serta implementasi yang baik dalam proses pengambilannya.

Potensi dan Tantangan Mineral Kritis di Indonesia

Secara geologi, Indonesia memiliki beragam potensi sumber daya salah satunya adalah sumber daya mineral yang tersebar di berbagai daerah. Indonesia memiliki cadangan komoditas tambang mineral kritis seperti nikel, bauksit, tembaga, dan timah yang cukup melimpah. Saat ini Indonesia mempunyai cadangan terbukti bijih berbagai komoditas tambang seperti nikel tercatat sebanyak 1,644 miliar ton, tembaga 641.679 juta ton, bauksit 927,893 juta ton, timah 1,337 milyar ton (Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Indonesia, 2022).

Indonesia merupakan negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia yang setara dengan 23% dari total cadangan dunia. Produksi penambangan nikel Indonesia

berkisar 0,20 juta ton pada tahun 2016, meningkat pesat menjadi 0,85 juta ton pada tahun 2019, kemudian sedikit menurun menjadi 0,76 juta ton pada tahun 2020. Jika dibandingkan dengan produksi penambangan nikel dunia, Indonesia menyumbang lebih dari 30% nikel dunia pada periode 2019–2020. Potensi ini tentunya akan menjadi peluang besar jika direncanakan dengan matang.

Kebutuhan mineral masa depan ini diprediksi akan meningkat, sejalan dengan rencana transisi energi baik di Indonesia maupun di dunia. Hasil perhitungan [International Energy Agency \(IEA\)](#) menunjukkan, pada tahun 2040 permintaan total terkait mineral untuk pengembangan teknologi energi bersih di tingkat global diperkirakan akan berlipat ganda atau bahkan 4 kali lipat. Masih dalam laporan yang sama, dengan adanya peningkatan permintaan tersebut diperkirakan akan ada 50 tambang litium baru, 60 tambang nikel baru, dan 17 tambang kobalt baru.

Dengan adanya potensi pembukaan tambang baru untuk memenuhi kebutuhan mineral kritis, tentunya akan ada tantangan



Ratusan batang kayu terbawa banjir, dampak pembukaan lahan tambang nikel di Kolaka (Kendarinesia, 2020)

lain. Mengingat pembukaan lahan tambang baru membutuhkan pembukaan lahan yang masif, dampak lingkungan akibat proses tersebut perlu diperhitungkan karena kebutuhan mineral ini untuk mencapai target transisi energi. Untuk dapat bersaing secara global dibutuhkan kebijakan-kebijakan fleksibel yang mengikuti arus perkembangan teknologi dan tuntutan pasar dunia. Sayangnya, hingga saat ini belum ada regulasi terkait yang mengatur produksi mineral kritis dari hulu hingga hilir untuk kebutuhan transisi energi. Selain menghasilkan energi yang lebih bersih mineral kritis juga dapat menghasilkan produk-produk berteknologi tinggi dan dapat mendukung kemandirian energi nasional.

Urgensi Mineral Kritis Bagi Transisi Energi

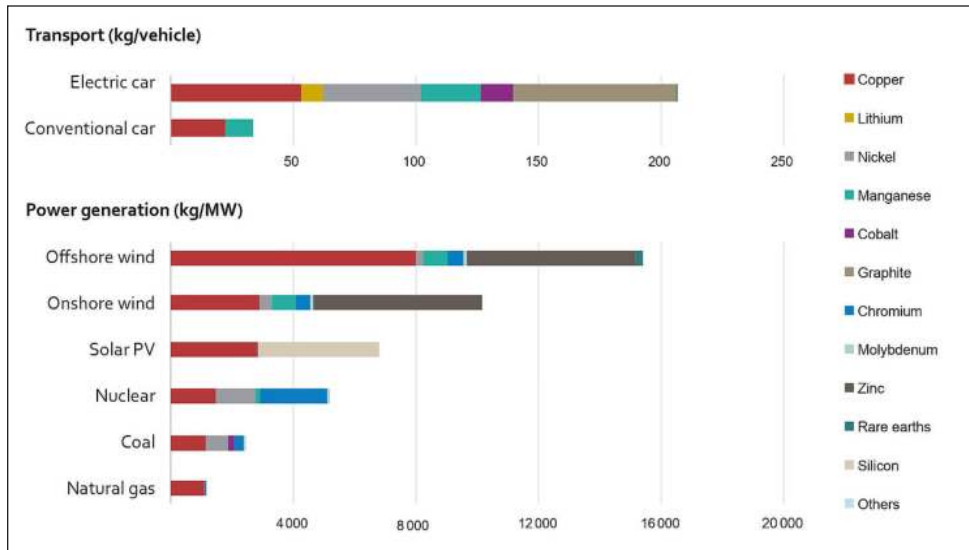
Saat ini, dunia sedang mengalami krisis iklim sehingga diperlukan adanya transisi energi. Kajian para ahli menyatakan, apabila temperatur global naik lebih dari 1,5 derajat akan berdampak sangat luas terhadap ekosistem, produksi pangan, dan ekonomi secara keseluruhan. Sesuai dengan visi – misi Indonesia yakni Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) dan *Net Zero Emission*, mineral kritis memiliki peran penting dalam

rencana transisi energi dari energi fosil ke energi terbarukan.

Mineral kritis mencakup unsur-unsur yang sudah dikenal seperti kobalt, grafit, dan litium, yang kegunaannya mulai dari baterai kendaraan listrik (EV) hingga aliase untuk mesin jet. Unsur tanah jarang (REE), seperti lantanum yang digunakan dalam kaca mata penglihatan malam dan baterai mobil hibrida. Gerakan serentak seluruh dunia menuju energi yang lebih bersih dapat meningkatkan permintaan akan mineral tertentu sebesar hampir 500% dalam waktu kurang dari tiga dekade, demikian perkiraan Inisiatif Penambangan Cerdas Iklim (*Climate Smart Mining Initiative*) dari Bank Dunia.

Dalam [Keputusan Menteri ESDM](#) ditunjukkan mineral kritis yang paling banyak digunakan adalah tembaga, nikel, dan aluminium. Hampir semua pembangkit energi terbarukan memerlukan mineral tersebut, seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB), pembangkit listrik tenaga mikrohidro/air (PLTMH/A), jaringan listrik, serta kendaraan listrik dan penyimpanan energi.

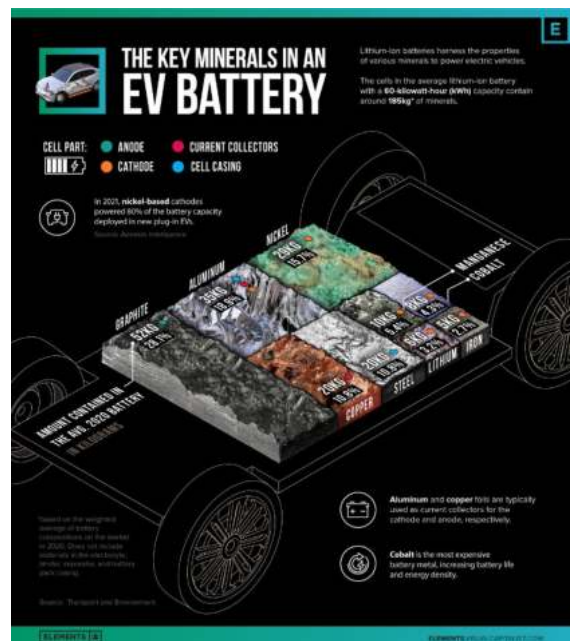
Penggunaan teknologi baterai dalam sektor transportasi melalui program kendaraan berbasis listrik merupakan upaya dalam



Jumlah mineral yang digunakan dalam teknologi terpilih
(*International Energy Agency, 2021*)

mengurangi emisi sesuai dengan rencana energi nasional dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil agar bauran energi baru dan energi terbarukan (EBT) dapat tercapai. Dalam proyeksi penerapannya, diperlukan kapasitas baterai sebesar 113,8 GWh atau setara 758.963 juta ton material lithium ion untuk kendaraan listrik dan sebesar 3.9 GWh atau setara dengan 26.225 ton lithium ion untuk PLTS tahun 2030. Dalam baterai EV beberapa mineral kritis digunakan sebagai komponennya, yaitu grafit 28,1%, aluminium 18,9%, nikel 15,7%, tembaga 10,8%, baja 10,8%, mangan 5,4%, kobalt 4,3%, lithium 3,2%, besi 2,7%.

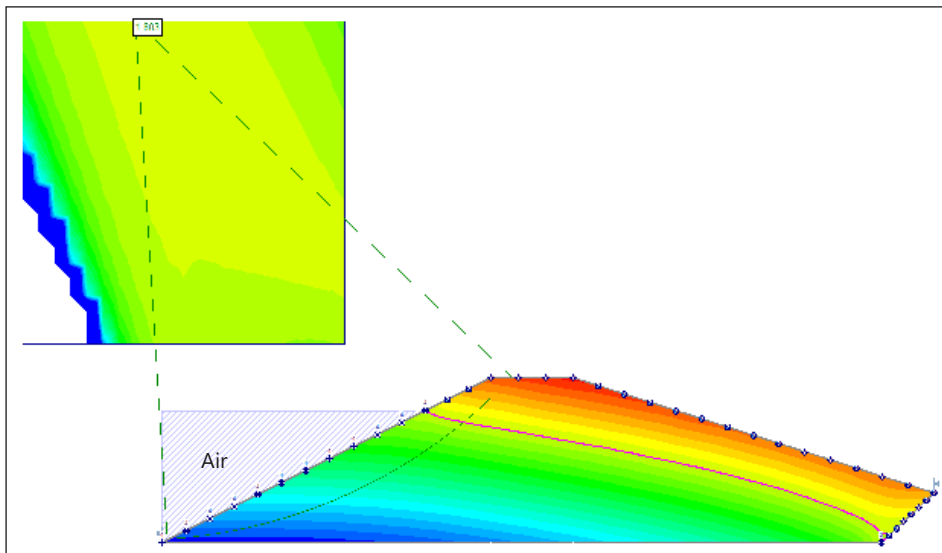
Dengan tuntutan dunia sekarang ini Indonesia harus memasuki industri berteknologi tinggi yang ramah lingkungan. Dalam upaya mendukung pemberdayaan mineral kritis di Indonesia secara maksimal dapat dilakukan eksplorasi untuk mengetahui secara pasti sumber daya dan cadangan alam mineral-mineral kritis yang ada di Indonesia, memperkuat sektor hulu dan hilir, pemerintah juga dapat mengoptimalkan kegiatan pengolahan dan pemurnian serta daur ulang mineral agar pasokan mineral dapat terjamin dan mendukung inovasi atau riset-riset teknologi yang disertai insentif dengan tujuan meningkatkan nilai tambah mineral kritis di



Ilustrasi Mineral Bahan Baterai EV (*Electronic Vehicle*)
(*elements.visualcapitalist.com, 2022*)

Indonesia. Dengan begitu mineral kritis dapat dimanfaatkan secara maksimal dan bijak demi kepentingan bersama.

Penulis:
Alumni Teknologi Geologi 2020, PEP Bandung



Gambar 1. Salah Satu Sisi Void yang Diisi Air

AIR PENYELAMAT

Penulis: Hifni Satria Muwaffaqi

Materi geoteknik lereng yang didapatkan dari berbagai literatur direka ulang melalui *tools software* geoteknik SLIDE dan GEOSTUDIO. Pembahasan utamanya adalah ketika lereng yang dipenuhi oleh air akan menambah bobot isi material dan tekanan air pori yang menyebabkan menurunnya kestabilan lereng.

Berdasarkan hasil temuan dari literatur tersebut, kenapa lubang bekas tambang (*void*) ketika dipenuhi oleh air justru malah mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) yang lebih tinggi dibandingkan ketika belum terisi oleh air? Bagaimana hal ini bisa terjadi? Oh iya, Faktor Keamanan (FK) itu sendiri adalah nilai kekuatan material lereng yang dibagi dengan gaya penggerak lereng. Maka, untuk menjawab rasa penasaran tersebut, saatnya membuat desain lereng yang sesuai dengan pembahasan kali ini.

“Seharusnya FK nya lebih rendah ga sih kalo diisi dengan air sebesar itu?”

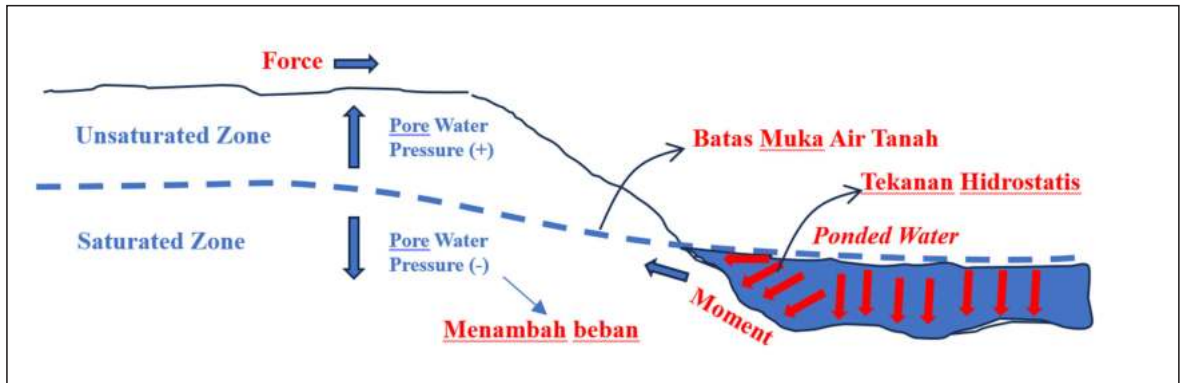
Kira-kira apa pengaruh air dalam kasus ini? Apabila semakin banyak volume air artinya semakin besar juga beban yang diberikan dan semakin tinggi juga *pore water pressure* (tekanan air pori) yang terbentuk.

Hal tersebut tidaklah salah. Namun, semua itu tergantung dari lokasi keberadaan air tersebut.

Objek yang kita bahas hanya satu saja, yaitu “Air”. Uniknya, air memiliki efek yang berbeda terhadap kestabilan lereng tergantung dari lokasi keberadaan air tersebut. Jika air berada di bawah permukaan lereng (*groundwater*), maka prinsip yang kita bahas di awal tadi berlaku secara mutlak, yaitu semakin banyak volume air artinya semakin besar juga beban yang diberikan dan semakin tinggi juga *pore water pressure* (tekanan air pori) yang tercipta. Hal tersebut menyebabkan Faktor Keamanan (FK) lereng berkurang. Khususnya untuk lereng dengan material *soil* atau *weak rock*.

Ternyata,

Beda halnya jika air ini berada di atas permukaan lereng (*ponded water*). Jika air

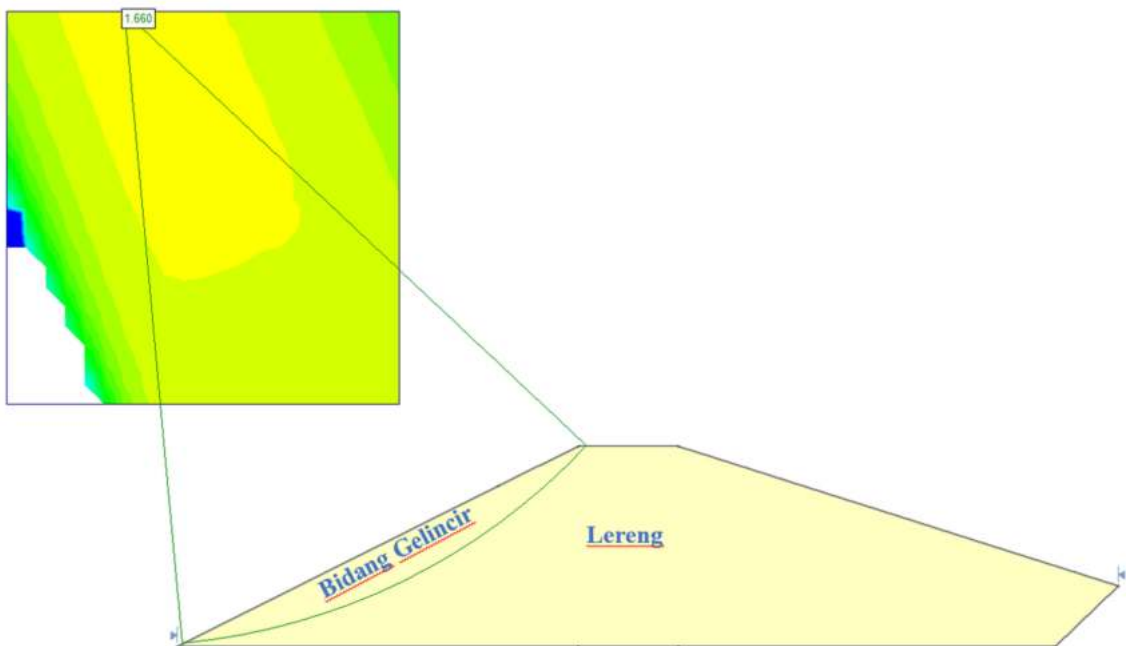


Gambar 2. Ilustrasi Air Permukaan Meningkatkan Moment Lereng

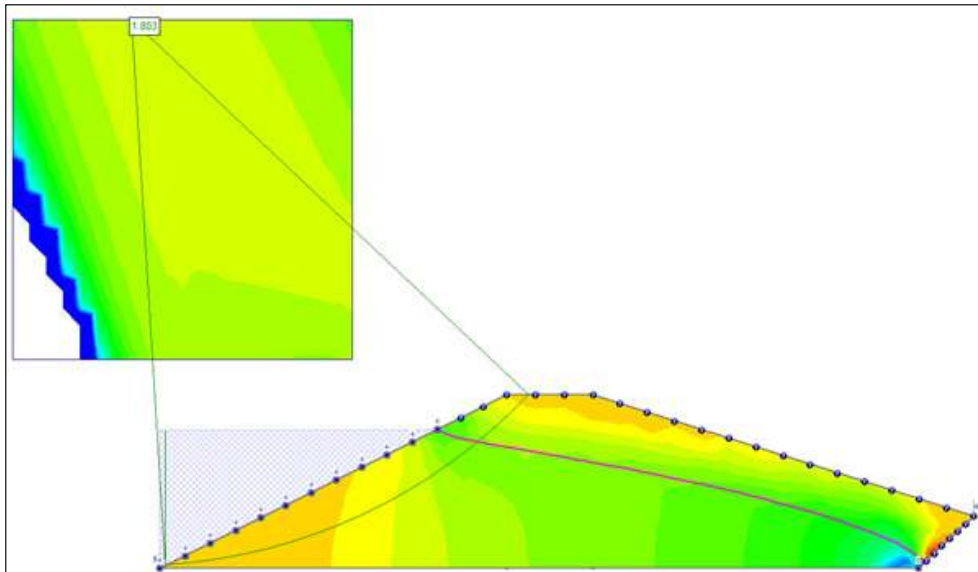
dalam volume besar terdapat di bagian puncak lereng (*crest*) dan dekat dengan batas puncaknya seperti pada danau dan sungai, maka beban dari air tersebut punya pengaruh dengan mengurangi FK lereng, dikarenakan akan meningkatkan gaya dorong pada lereng, meskipun tanpa ada komponen tekanan air pori. Nah, sekarang, kalau air permukaan tersebut berada di "samping" atau langsung menutupi lereng, justru nilai FK – nya akan naik!!

Kok bisa?!

Air sendiri memiliki bobot isi, karena keberadaan air permukaan pada dinding lereng (*wall*) justru akan memiliki tekanan hidrostatik yang membantu dalam meningkatkan *Moment* (gaya tahan) dan menstabilkan lereng tersebut dengan cara mengubah beban air (*fluid unit weight*) seakan menjadi *confined* atau mengunci lereng dan menahannya dari terjadinya pergerakan. Hmmm, meskipun tetap akan terjadi erosi pada



Gambar 3. Nilai FK Lereng Tanpa Pengaruh Air Permukaan



Gambar
4. Nilai FK
Lereng dengan
Pengaruh Air
Permukaan

lereng, tapi terbilang dangkal dan hanya terjadi pada material permukaan luar lereng yang mudah tergerus dan tidak kompak, selebihnya relatif tetap aman.

Jadi, itulah **jawaban** kenapa lubang bekas tambang (*void*) justru naik FK – nya ketika sudah diisi oleh air. Ilustrasi yang terjadi pada lereng dapat dilihat pada Gambar 2.

Kejadian tersebut juga biasa terjadi pada proyek di bendungan, khususnya bendungan urugan atau *earth dam*. Maka dari itu, ketika bendungan urugan seperti itu mengalami *rapid drawdown*, bisa berdampak terhadap berkurangnya nilai FK lereng bendungan. Ilustrasinya dapat dilihat pada hasil analisis kestabilan lereng yang dikerjakan di *software* SLIDE seperti pada Gambar 3. Pada percobaan pertama, lereng kestabilan lereng dihitung tanpa pengaruh air permukaan dengan pendekatan deterministik. Pendekatan deterministik ini memungkinkan *software* mencari bidang longsoran yang akan terbentuk berdasarkan nilai FK yang terendah. Ternyata didapatkan nilai FK sebesar 1.6.

Sedangkan pada Gambar 4, dilakukan percobaan perhitungan kestabilan lereng dengan pengaruh air permukaan pada sisi kiri

lereng tersebut. Sesuai dengan penjelasan pada artikel kali ini, nilai FK lereng yang dipengaruhi oleh air permukaan menjadi 1.8!

Struktur yang menahan air seperti tanggul atau bendungan, biasanya akan mendapatkan *advantage* atau keuntungan dari *hydrostatic force* pada bagian *upstream* struktur tersebut, dikarenakan mendapatkan beban penahan dari reservoir air yang ada.

Air pada reservoir bendungan urugan (*earth dam*) sendiri sudah berada pada posisi dan kondisi yang statis dan dalam jangka waktu yang panjang. Sehingga, terciptalah kondisi *yang stabil (steady state)*, baik pada reservoir maupun pada tekanan air pori di tubuh bendungan urugan. Total stres yang ada pun telah statis. Oh ya, *steady state* adalah keadaan di mana suatu sistem berada dalam kesetimbangan atau tidak berubah lagi seiring waktu.

Setelah pembahasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tidak selamanya air dapat menurunkan kestabilan lereng, ada kalanya air menjadi penyelamat lereng sehingga sesuai dengan judul materi kali ini yaitu "Air Penyelamat". Demikian yang dapat disampaikan, terima kasih.

Buggy Whip: Bukan Bendera Biasa

Penulis: Hifni Satria Muwaffaqi

Salah satu perlengkapan keselamatan yang wajib dimiliki oleh kendaraan/sarana tambang utamanya *light vehicle* (LV). LV merupakan kendaraan ringan yang digunakan untuk mengangkut orang/pekerja tambang. Perlengkapan wajib ini bentuknya mirip seperti tiang atau antena dan memiliki bendera di ujung atasnya, biasanya benda ini dipasang di bagian *bumper* atau *bullbar* depan kendaraan.



Gambar 1. *Buggy Whip* pada LV (Quora.com)

Berdasarkan dari beberapa sumber yang berhasil dikumpulkan, nama benda itu adalah *buggy whip/safety whip*. Bentuknya terkesan seperti antenna atau tiang yang memiliki bendera di atasnya. Bendera yang dipasang pun sebenarnya adalah bendera reflektif. Komponen ini terbuat dari tiang fiber yang ujungnya dipasang bendera dengan warna terang, reflektif, dan mampu menyala dalam gelap. Pemasangan alat *safety whip* atau antena tersebut juga tidak dilakukan sembarangan. Tinggi *buggy whip* berkisar antara 3.5 meter hingga 3.7 meter (Adrian, 2023).

Jika dilihat, *buggy whip* yang digunakan pada LV tampak tinggi. Namun, jika kita bandingkan dengan alat-alat berat yang beroperasi di area tambang tentu memiliki dimensi yang lebih besar daripada kendaraan operasional ringan (LV).

Pemasangan *buggy whip* ini memiliki tujuan utama untuk mengurangi potensi risiko insiden atau kecelakaan antara kendaraan

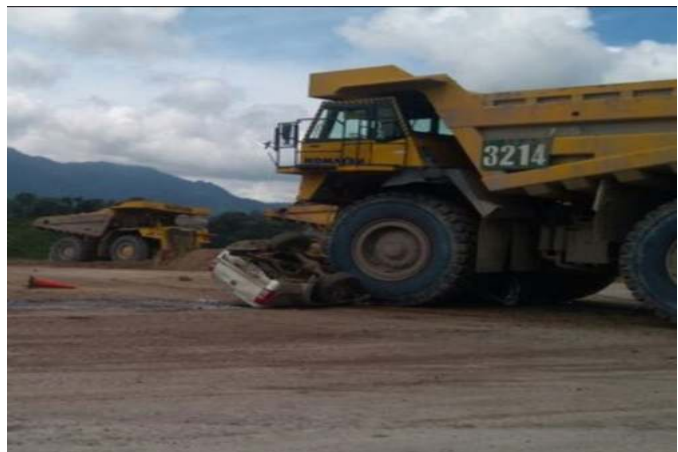
operasional ringan dengan alat-alat berat yang berada di area tambang. Menurut berbagai sumber, penggunaan *buggy whip* ini awalnya diterapkan karena banyaknya insiden atau kecelakaan terlintasnya kendaraan ringan oleh kendaraan berat pengangkut material hasil tambang, hal ini dikarenakan perbedaan dimensi yang signifikan antara kedua jenis kendaraan tersebut.

Dalam pengoperasian alat-alat berat, seorang operator akan memiliki zona *blind spot*, yaitu zona dimana operator tidak bisa melihat objek apa pun di zona itu, baik melalui kaca kabin atau pun dari kaca spion yang ada. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan di tambang yang diakibatkan oleh benturan antara alat berat dengan kendaraan ringan (LV) di zona *blind spot*, maka semua sarana pendukung yang bergerak harus diberikan suatu penanda berupa *buggy whip* (tiang bendera + bendera yang ada pita reflektornya).

Biasanya jarak ujung *buggy whip* ini tidak kurang dari 4.5 meter di permukaan tanah



Gambar 2. Dumper truck Komatsu HD 785 (AnalisaDaily, 2023)



Gambar 3. Kecelakaan Tambang

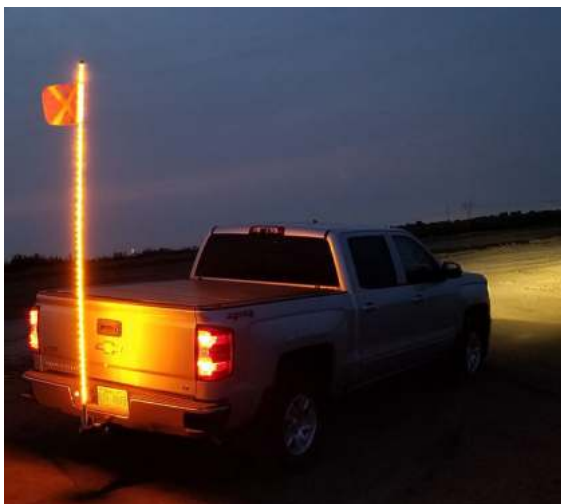
(Rudianto, 2020). Jadi, saat sarana atau LV yang bergerak dan berlalu lalang di sekitar (termasuk *blind spot*) alat-alat berat yang sedang bekerja, maka si operator akan *aware*/menyadari hal itu karena ujung *buggy whip* terlihat dari kaca kabin atau pun kaca spion.

Tetapi, sekalipun sudah terdapat *buggy whip* pada LV, ada aturan baku di tiap tambang tertentu tentang jarak minimum alat-alat berat yang sedang beroperasi dengan sarana pendukung bergerak lainnya. Misalnya 30 meter (Rudianto, 2020).

Lalu bagaimana jika keadaannya terjadi pada malam hari, tidak ada cahaya selain dari lampu operasional kendaraan dan refleksi bendera akibat pantulan dari lampu penerangan kendaraan lain? Nampaknya sudah ada beberapa inovasi yang dilakukan oleh beberapa Perusahaan. Salah satunya yaitu menggunakan teknologi lampu LED yang ditempatkan pada *buggy whip*, sehingga Nampak seperti *glow in the dark*.

Selesai sudah pembahasan kali ini, berdasarkan pembahasan di atas, kita tahu bahwa *buggy whip* bukanlah sekadar bendera atau asesoris biasa. Nyawa operator dan pekerja tambang dapat terselamatkan melalui tiang atau *buggy whip* yang terpasang pada tiap kendaraan yang beroperasi di tambang.

Namun, sekalipun menggunakan *buggy whip* tidak menjamin dapat mencegah



Gambar 4. Buggy Whip dengan LED

terjadinya insiden atau kecelakaan antara kendaraan ringan dengan alat-alat berat. Perlu adanya unsur pengawasan, koordinasi di lapangan, taat dengan peraturan, dan menjaga stamina agar tidak mengalami kelelahan (*fatigue*) dan hilang focus pada saat bekerja. Demikian yang dapat disampaikan, terima kasih.

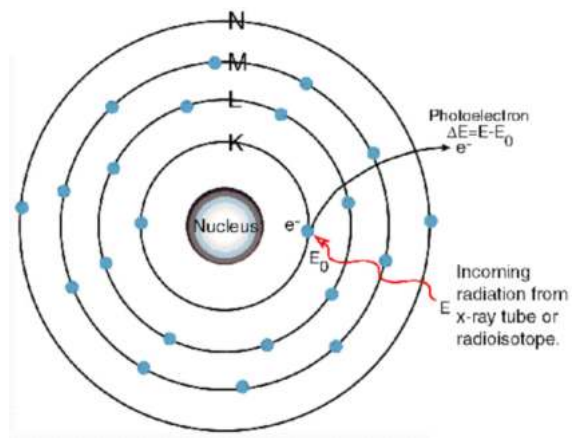
X-Ray Fluorescence Penguji Komposisi Kimia Sampel Cepat dan Mudah

Oleh: Indira Fitria Kholby



X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan metode analitik untuk menentukan komposisi kimia sampel dengan cepat, tepat, serta tidak merusak sampel. XRF dapat menganalisa sampel berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar X yang dipancarkan kembali setelah suatu sampel ditembak oleh sinar X.

Prinsip kerja dari XRF ini yaitu alat ini menembakkan radiasi foton elektromagnetik ke material yang diteliti, lalu sinar X atau radiasi elektromagnetik yang dipancarkan tadi akan berinteraksi dengan elektron pada kulit atom yaitu kulit K yang paling dalam dan paling sensitif terhadap sinar X, jika terkena sinar X kulit K yang sensitif dan memiliki energi kinetik yang cukup untuk melepaskan diri dari ikatan inti sehingga elektron tersebut akan keluar dan akibatnya kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar contoh L diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X, Sinar X karakteristik yang dihasilkan dari peristiwa



Prinsip kerja XRF (bahan paparan Alvares dan Migliori)



XRF untuk pengujian sampel inti bor

tersebut ditangkap oleh detektor dan dianalisis karena setiap unsur memiliki nilai proton yang berbeda sehingga didapat komposisi kimia suatu sampel.

XRF banyak digunakan di Perusahaan. XRF digunakan secara langsung untuk mengetahui komposisi dari suatu sampel, dengan langsung menembakkan XRF terhadap sampel, lalu kita dapat mengetahui komposisi kimia sampel tersebut pada layar. Untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat, kandungan yang terdapat pada sampel, dilakukan terlebih preparasi pada sampel. Sampel dibuat homogen sehingga mendapatkan persentase unsur yang lebih akurat dan representatif. Hal ini seperti yang dilakukan di laboratorium. Akan tetapi ketika di lapangan untuk mengetahui komposisi sampel perlu cepat, cukup secara garis besar unsur apa saja komposisi pada sampel, sehingga tanpa preparasi sampel.

Jika ditembakkan XRF pada sampel secara langsung di tiap bagian sampel akan menghasilkan berbeda-beda kandungannya, oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang maksimal dipreparasi terlebih dahulu sehingga sampel yang telah homogen diuji XRF. Pada saat eksplorasi untuk menemukan indikasi dan adanya suatu unsur yang sedang dicari, XRF sangat berguna karena memudahkan

mengetahui unsur yang terdapat pada suatu sampel.

XRF memiliki kelebihan yaitu menganalisis sampel dengan cepat, tepat, dan tidak merusak sampel, jika dibandingkan dengan ICP dan AAS yang memerlukan pelarutan sampel, XRF tidak memerlukan hal tersebut. Untuk menggunakan XRF tinggal menembak bagian sampel yang diinginkan atau dapat menghomogenkan sampel lalu ditembak menggunakan XRF. Semua unsur dalam sistem periodik dapat diukur baik dalam bubuk, padatan dan cairan. Metode X-ray fluorosens biasa digunakan baik untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. XRF bisa memberikan data, baik dalam bentuk elemen maupun oksida akan tetapi tidak bisa menganalisa jika unsur atau oksida dalam kadar rendah ($<0,01\%$). Untuk menganalisa unsur atau oksida dalam kadar rendah $< 0,01\%$ dapat menggunakan ICP atau AAS.

Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung pada tanggal 25 Agustus 2023 di Laboratorium Mineral dan Bahan Galian mendemonstrasikan alat XRF untuk dijelaskan mengenai kegunaan alat XRF, prinsip kerja XRF, cara menggunakan alat serta kami para mahasiswa berkesempatan mencoba alat XRF untuk mengetahui unsur kimia yang ada pada beberapa sampel bijih di Laboratorium PEP-B.



Mempraktikkan penggunaan XRF untuk mengetahui unsur yang ada pada sampel bijih di Lab PEP-B



Contoh penembakan sampel yang telah dipreparasi dan dihomogenkan

Pada saat menembakkan XRF terhadap sampel ada hal yang perlu diperhatikan, yaitu posisi menembak diarahkan pada sampel dengan permukaan yang rata. Saat menembakkan XRF tidak diperbolehkan bersamaan dengan memegang sampel menggunakan tangan. Sampel diletakkan di meja lalu ditembak agar sinar X tidak mengenai tubuh. Setelah memposisikan alat, lalu ditekan pelatuk alat dan tunggu dengan waktu hingga 60 detik akan muncul lampu merah sampai data pengujian muncul.

Untuk pengujian sampel yang telah dipreparasi, dengan cara dihaluskan lalu

dihomogenkan, setelah itu masukan ke dalam tabung dan dialaskan dengan plastik khusus yang menjadi pembatas antara detektor dengan sampel, lalu tekan platuk alat dan tunggu hingga lampu merahnya berhenti dan didapat data hasil pengujian kandungan sampel.

Penulis:
Mahasiswa Teknologi Geologi, Angkatan 2022

Praktikum Penggerusan Bijih Emas Menggunakan Ball Mill

Cardia Maharani Yohana Siburian

Sebagai mahasiswa teknologi metalurgi khususnya pada Program Studi Teknologi Metalurgi Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung yang mendalami cabang ilmu metalurgi ekstraktif, tentunya kami didukung dengan program-program kurikulum yang mengasah mahasiswa ahli dalam mengolah sumber daya tambang.



ball mill

Di awal semester 2 ini, mahasiswa teknologi metalurgi melaksanakan serangkaian praktikum pada mata kuliah pengolahan mineral. Praktikum ini bertujuan untuk memberi gambaran awal bagaimana pengolahan mineral pada industri pertambangan. Mahasiswa juga mengetahui cara mengoperasikan alat-alat dalam pengolahan mineral.

Pengolahan mineral merupakan proses untuk memperoleh partikel dari mineral tertentu tanpa merubah sifat kimia mineral tersebut, dalam kata lain pengolahan mineral hanya merubah sifat fisik mineral tersebut. Pengolahan mineral meliputi proses pengecilan ukuran dan pemilihan fase yang diinginkan. Praktikum pertama kami mempelajari pengoperasian Jaw Crusher dalam proses peremukan bijih, dan pada praktikum kedua kami mempelajari pengoperasian ball mill pada proses penggerusan bijih atau yang sering disebut *grinding*.

Praktikum grinding yang kami lakukan

pada Jumat, 1 Maret 2024 melalui proses kering (tidak menggunakan bahan media air). Jadi, bahan yang masuk pada ball mill hanyalah bijih hasil yang sudah melewati proses *crushing* terlebih dahulu dan bola pejal yang akan berperan dalam proses pengecilan ukuran (reduksi ukuran).

Gambar diatas merupakan gambar salah satu alat grinding yang tersedia di kampus lapangan PPSPDM Geominerba Cipatat, Padalarang Jawa Barat). Dosen Praktikum Pengolahan Mineral Dr. mont. Imelda Hutabarat, ST., MT dan Fahny Ardian, ST., MT serta Ir. Lili Tahli dan Achmad Syarifuddin selaku fasilitator juga mendampingi kami selama praktikum menjelaskan bahwa alat tersebut seharusnya merupakan alat yang proses kerjanya *continue*, namun karena penggunaannya disini bukan untuk industri, melainkan untuk pendidikan, jadi proses praktikum dilakukan secara *batch*. Berikut informasi mengenai spesifikasi teknik ball mill yang tersedia,

Sumber Tenaga	Electro gear motor 3 phase, 3 hp/2.2 kw 380 v
Input Screw	Electro gear motor 3 phase, hp/0,375 kw 380 v
Return Screw	Electro gear motor 3 phase, 1 hp/0,75 kw 380 v
Kapasitas Produksi	50 sampai 100 kg per jam
Material Masukan	Maksimum ukuran 3 mm
Sistem Distribusi Mekanik	Flexible coupling dan roda gigi
Berat Total Mesin	850 kg berat total bola bola mangan steel 150 kg
Ukuran Mesin (p x l x t)	230 cm x 120 cm x 150 cm
Kecepatan Putaran Mesin	38 putaran/menit
Ukuran Peralatan	Berdiameter 400 mm, panjang 900 mm, tebal 12 mm
Sumber Tenaga	Electro gear motor 3 phase, 3 hp/2.2 kw 380 v
Input Screw	Electro gear motor 3 phase, hp/0,375 kw 380 v
Return Screw	Electro gear motor 3 phase, 1 hp/0,75 kw 380 v
Kapasitas Produksi	50 sampai 100 kg per jam
Material Masukan	Maksimum ukuran 3 mm
Sistem Distribusi Mekanik	Flexible coupling dan roda gigi
Berat Total Mesin	850 kg berat total bola bola mangan steel 150 kg
Ukuran Mesin (p x l x t)	230 cm x 120 cm x 150 cm
Kecepatan Putaran Mesin	38 putaran/menit
Ukuran Peralatan	Berdiameter 400 mm, panjang 900 mm, tebal 12 mm

Bijih yang kami pakai kali ini adalah bijih emas yang berasal dari Tasikmalaya. Informasi yang kami dapat dari Pa Lili Tahlil, bijih emas tersebut merupakan bijih emas kaolinisasi. Bijih emas tersebut berbeda dengan bijih emas oksida, dimana bijih emas kaolinisasi dapat diproses ketahap pengkonsentrasian apabila P80 sudah mencapai -60 mesh (emas kasar), sementara bijih emas oksida pada umumnya baru dapat dikonsentrasi apabila P80 berada di ukuran -200#.

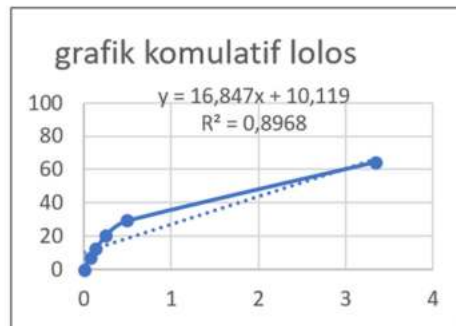


bijih emas Tasikmalaya

Pada praktikum sebelumnya kami sudah meremukkan bijih tersebut melalui dua tahap crushing menggunakan jaw crusher. Setelah proses crushing, kami melakukan distribusi ukuran menggunakan sieve shaker. Hasil dari data yang kami dapat, bijih tersebut baru tereduksi hingga ukuran 4#, itulah mengapa kami perlu melanjutkan ketahap selanjutnya, yaitu grinding menggunakan ball mill.

Dari namanya saja "*ball mill*", maka dapat disimpulkan media utama dalam proses penggerusan pada ball mill ini menggunakan bola. Bola tersebut tidak semena-mena bola biasa. Ball mill akan berputar dengan kecepatan tertentu yang mengakibatkan bola akan bergesekan, bertumbukan, dan terkontak langsung dengan bijih yang memiliki sifat fisika dan kimia yang kompleks. Bola yang dipakai bisa menggunakan bola cor, bola baja, dan beragam lainnya. Jenis, ukuran, jumlah, dan berat bola akan sangat berpengaruh pada ukuran produk yang dihasilkan. Pada umumnya volume bola hanya memenuhi 30%-50% dari volume ball mill.

Data Crushing		
mesh	mm	% lolos
1/4"	6.3	88.08664
6	3.35	64.62094
35	0.5	29.24188
60	0.25	20.21661
100	0.15	12.63538
200	0.075	6.859206
-200	0	0



$$P80 = 13.012x + 11.915$$

$$X = 5.232478 \text{ mm}$$

$$X = 4\#$$



Ragam ukuran bola untuk ball mill



ada proses tumbukan dan penggerusan yang efektif. Kecepatan yang ideal berada pada rentang 70% - 80% dari kecepatan kritis.

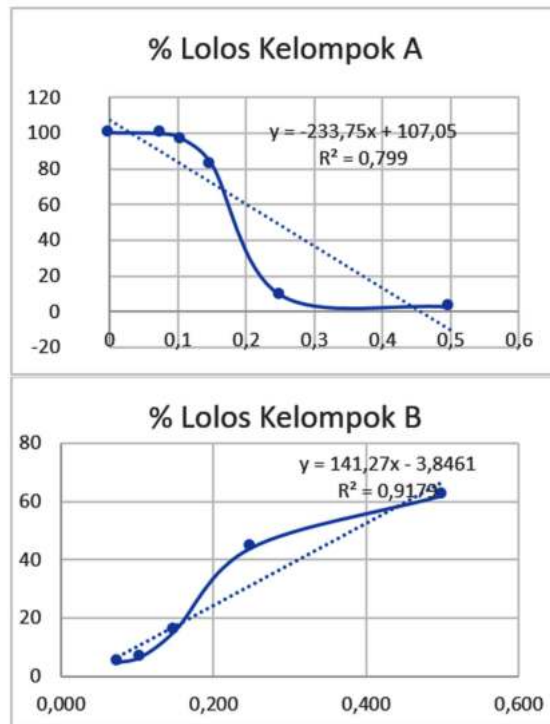
Proses penggerusan ini menimbulkan suara bising akibat tumbukan bola dan material pada dinding ball mill. Apabila jumlah bola yang digunakan semakin banyak, polusi suara semakin bising, sehingga kami diwajibkan menggunakan ear muff. Kami juga menggunakan APD lengkap yang disediakan oleh kampus, mulai dari safety helmet, safety glasses, masker, sarung tangan, safety shoes, dan wearpack. Pembiasaan menggunakan APD diterapkan sesuai dengan kebijakan K3 Pertambangan.

Kami melakukan dua kali penggerusan dengan jumlah bola yang berbeda dan waktu yang sama, yaitu selama empat puluh menit. Banyak bola yang digunakan berdasarkan perhitungan berat dan volume bola tersebut. Diameter bola yang digunakan pun beragam demi menghasilkan produk akhir yang

Variabel lain yang berpengaruh dalam keefektifan proses penggerusan pada ball mill ini adalah kecepatan perputaran ball mill.

Lalu berapa kecepatan yang efektif dan efisien untuk sebuah ball mill?

Kecepatan yang efektif tersebut ditentukan berdasarkan kecepatan kritis ball mill. Kecepatan kritis merupakan kecepatan drum dimana material dan bola akan menempel pada dinding drum selama proses perputaran, sehingga tidak terjadi proses penggerusan. Jadi, kecepatan yang efektif baiknya kurang dari kecepatan kritis. Apakah semakin pelan semakin baik? Jawabannya tentu tidak, bila ball mill berputar terlalu lambat pun akan mengakibatkan bola diam dibawah, tidak



$$Y = -233,75x + 107,05$$

$$80 = -233,75x + 107,05$$

$$80 - 107,05 = -233,75x$$

$$0,115807487$$

$$120\#$$

$$p\ 80 =$$

$$80 = 141,27x - 3,8461$$

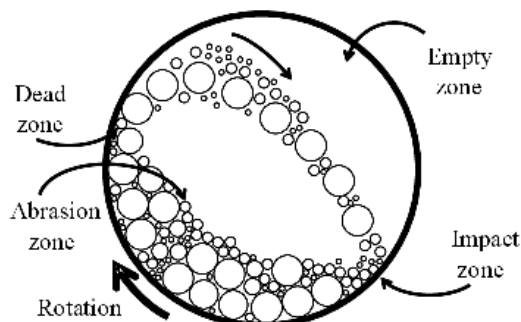
$$X = 0,594mm$$

$$30\#$$

baik. Data menunjukkan bahwa bijih yang digerus menggunakan bola yang lebih sedikit menghasilkan P80 hanya mencapai 30# sedangkan bijih yang digerus menggunakan bola lebih banyak menghasilkan P80 mencapai 120#, yang dapat diartikan bijih tersebut sudah layak untuk masuk ke tahap selanjutnya. Berikut data perbandingan grafik kedua penggerusan yang kami lakukan,

Bagaimana proses bola dalam mereduksi ukuran bijih tersebut?

Untuk lebih jelasnya, kita dapat melihat skema berikut,



Terdapat 2 zona pada ruang ball mill selama berputar, yaitu empty zone atau zona kosong, dead zone, dan impact zone. Empty zone merupakan ruang kosong yang tersisa, karena dalam proses grinding, total volume bijih beserta bola hanya boleh mencapai 80% volume ball mill.

Alasan mengapa perlu ruang kosong adalah agar bola dan bijih dapat bergerak bebas selama proses perputaran ball mill, ruang kosong ini juga memungkinkan terjadinya impact atau yang biasa disebut *cataract movement*. Logikanya bila ruang ball mill penuh dan padat, maka tidak akan ada interaksi apapun antara bola dengan bijih, mereka akan diam dan tidak akan terjadi reduksi ukuran.



Sementara itu, dead zone merupakan zona bola menempel pada dinding ball mill. Kecepatan kritis lah yang akan menentukan berapa lama bola mampu menempel pada dinding ball mill. Apabila kecepatan putaran ball mill semakin diatas kecepatan kritis, maka semakin lama durasi bola menempel pada dinding ball mill, atau bahkan bola akan terus menempel pada dinding ball mill. Bagaimana bila bola terus menempel pada dinding ball mill? Tidak akan terjadi impact zone, juga tidak akan terjadi proses abrasi atau yang biasa disebut *cascade movement*, bijih tidak akan tereduksi maksimal seperti yang diinginkan.

Banyak sekali ilmu dan pengalaman yang didapat dalam setiap praktikum yang dilaksanakan. Praktikum berjalan aman, tentram, dan berjalan lancar. Kami bukan hanya mengetahui bagaimana pengoperasian ball mill, kami juga mengetahui parameter apa aja yang dapat dipakai dalam proses grinding, kami mengetahui berapa besar kecepatan perputaran ball mill yang ideal, kami juga dapat membandingkan langsung hasil produk dari tiap-tiap tahap pengolahan mineral. Praktikum ini merupakan pengalaman yang sangat penting dan berharga, terutama bagi kami para mahasiswa prodi Teknologi Metalurgi.

Penulis:
Mahasiswa Teknologi Metalurgi,
Angkatan 2023

Pengujian Derajat Liberasi Menggunakan SEM Teknologi Laboratorium Canggih

Oleh : Nabilah Zaidah



Alat *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Teknologi berkembang sangat cepat, termasuk yang digunakan dalam industri pertambangan, khususnya Laboratorium. Perkembangan teknologi laboratorium untuk analisis sampel, kemampuan deteksinya semakin tinggi.

Pada industri pertambangan dan penelitian mineral, terus mencari metode yang lebih canggih untuk memahami dengan lebih baik distribusi mineral di dalam batuan. Salah satunya yaitu mengetahui derajat liberasi suatu mineral pada sampel. Analisis mineral liberasi menjadi kunci dalam mengevaluasi potensi ekonomi suatu deposit mineral,

merencanakan proses pengolahan yang efisien, dan mengoptimalkan strategi penambangan. Dalam hal ini alat yang digunakan untuk analisis derajat liberasi mineral yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan menggunakan *software* AMICS sebagai hasil data analisis derajat liberasi.

Apa itu SEM ?

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki *depth of field* 4 – 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, serta kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi, membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Dalam SEM, aliran elektron diarahkan ke sampel yang diamati, kemudian dipantulkan oleh permukaan sampel dan diarahkan ke detektor untuk menghasilkan gambar yang diperbesar dan diperjelas.

Keuntungan utama SEM adalah kemampuannya untuk memperbesar sampel hingga ratusan ribu kali lipat, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihat detail yang sangat kecil pada sampel, seperti struktur permukaan, topografi, dan komposisi kimia.

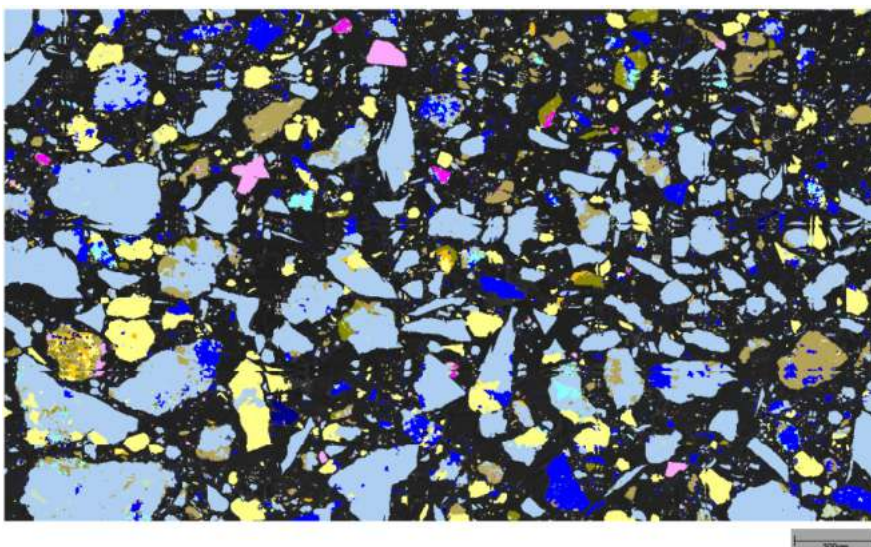
Analisis menggunakan SEM untuk mengidentifikasi mineral dengan cara membaca spektra kimia pada setiap mineral dengan bantuan *software* AMICS. Dalam hal ini analisis SEM juga digunakan untuk mengetahui persebaran mineral bijih terhadap mineral pengotor lainnya.

Apa itu *software* AMICS ?

AMICS atau *Advance Mineralogical Identification Characterization System* adalah perangkat lunak untuk mengidentifikasi dan klasifikasi mineral tingkat lanjut yang cepat dan fleksibel, serta AMICS juga dapat digunakan untuk mengetahui derajat liberasi suatu mineral pada sampel.

AMICS untuk mineralogi dapat menghasilkan *Backscattered Electrons* (BSE) resolusi tinggi untuk pengumpulan data otomatis dari SEM, dan juga untuk identifikasi fase mineral. AMICS adalah alat karakterisasi teknologi untuk analisis sampel yang terperinci dan kuantitatif yang menggabungkan pencitraan dan analisis inovatif.

Dalam mineralogi, metode SEM menggunakan AMICS akan menghasilkan beberapa data yaitu komposisi mineral, distribusi elemen, ukuran mineral distribusi, mineral *locking*, dan mineral liberasi.



Hasil mineral teridentifikasi menggunakan Software AMICS

- Komposisi mineral merupakan hasil identifikasi mineral yang terdapat pada sampel, pada komposisi mineral didapatkan persentase area dari masing masing mineral yang teridentifikasi.
- Distribusi elemen adalah mineral penyusun dari distribusi unsur terpilih yang akan digunakan untuk mengetahui kadar dari masing masing unsur tersebut.
- Ukuran mineral distribusi adalah rata rata ukuran mineral terpilih yang terdapat pada sampel.
- Mineral *locking* adalah keterikatan antara mineral berharga dengan mineral pengotor. Dalam mineral *locking* diklasifikasikan menjadi 3 yaitu *liberated*, *binary*, dan *ternary*. *Liberated*, terlepas atau terbebas tidak terikat dengan mineral pengotor lainnya, *binary*, mineral berharga yang terikat dengan 2 mineral pengotor, dan *ternary*, mineral berharga yang terikat dengan 3 mineral pengotor lainnya.
- Mineral liberasi adalah derajat kebebasan dari setiap mineral berharga atau mineral yang ekonomis. Tujuan dari mineral liberasi adalah untuk memahami seberapa baik bijih tersebut dapat diolah dan ekstraksi mineral berharga yang terkandung di dalamnya.

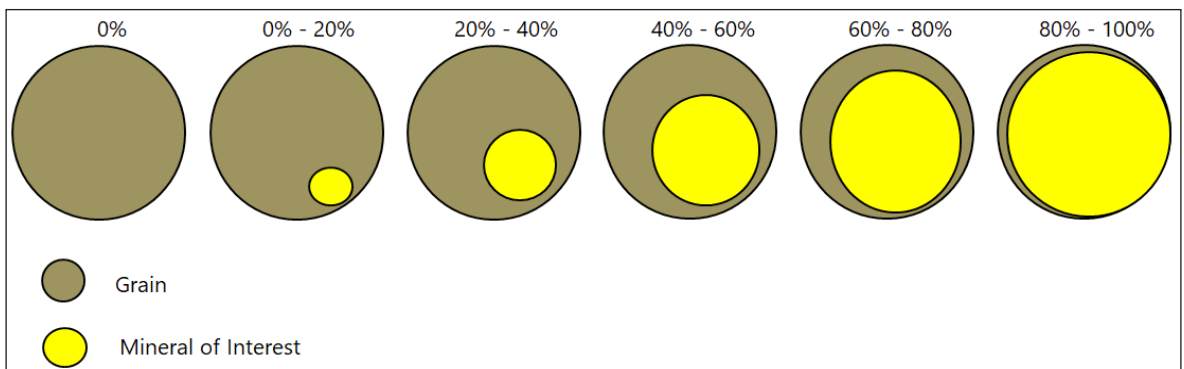
Apa itu derajat liberasi ?

Derajat liberasi dalam konteks mineralogi dan pertambangan merujuk pada sejauh mana mineral berharga terlepas atau terpisah dari batuan atau matriks yang mengelilinginya. Selain itu, analisis derajat liberasi dapat mengetahui karakter mineral bijih terhadap mineral pengotornya. Analisis derajat liberasi mineral menjadi penting karena dapat memengaruhi proses ekstraksi dan pengolahan mineral. Derajat liberasi mineral menyajikan persentase pembebasan mineral berharga atau ekonomis berdasarkan fraksi ukuran atau klasifikasi yang berbeda.

Mineral liberasi atau derajat liberasi dibagi menjadi 5 klasifikasi *Locked* mengacu pada mineral yang memiliki luas area <20%, *Low Grade Middlings* mengacu terhadap mineral yang memiliki luas area 20% - 40%, *Medium Grade Middlings* mengacu terhadap mineral yang memiliki luas area 40% - 60%, *High Grade Middlings* mengacu terhadap mineral yang memiliki luas area 60% - 80%, dan *Well Liberated* mengacu terhadap mineral yang memiliki luas area 80% - 100%. Mineral yang dimaksud adalah mineral berharga atau mineral ekonomis dari sampel.

Penulis:

mahasiswi teknologi Geologi, Angkatan 2021



Klasifikasi derajat liberasi mineral

Menelusuri Jejak Tambang dan Metalurgi Era Nabi Sulaiman

Oleh: Ayumi Hana Putri Ramadhani



Lokasi tambang dan industri peleburan tembaga Kerajaan Nabi Sulaiman di Lembah Timna (Central Timna Valley Project)

Nabi Sulaiman AS adalah nabi terkaya sepanjang sejarah, di dalam Al Quran disebutkan bahwa kekayaan Nabi Sulaiman AS melimpah hingga tak terhitung jumlahnya. Hingga saat ini masih terdapat beberapa orang yang meyakini bahwa Nabi Sulaiman AS meninggalkan harta karun yang melimpah di suatu tempat. Karenanya, sejak dulu para ilmuwan dan arkeolog berusaha untuk menemukan bekas-bekas kekayaan Nabi Sulaiman AS tersebut.

Sumber Kekayaan Nabi Sulaiman AS

Selain menjadi nabi terkaya sepanjang sejarah, Nabi Sulaiman AS juga dikenal sebagai pemimpin yang bijaksana dan sukses sehingga kerajaan yang dipimpinnya dikenal sangat maju dan berkembang. Terdapat dua sumber kekayaan Nabi Sulaiman AS, yaitu berasal dari kerajaan dan pertambangan. Perburuan harta karun pertambangan Nabi Sulaiman AS pun sejak lama sudah dilakukan oleh para ilmuwan dan arkeolog. Ada

beberapa titik yang diyakini sebagai lokasi tambang Nabi Sulaiman AS, salah satunya adalah pertambangan kuno yang ditemukan di Lembah Timna, Israel. Jauh dari perkiraan, tambang yang diyakini mengandung emas dan perak tersebut ternyata merupakan tambang bijih tembaga.

Sebenarnya hal ini sudah disebutkan di Surat As-Saba ayat 12 yang memiliki arti "Dan Kami (tundukkan) angin bagi Sulaiman, yang perjalanannya di waktu pagi sama dengan

perjalanan sebulan dan perjalanannya di waktu sore sama dengan perjalanan sebulan (pula) dan Kami alirkan **cairan tembaga** baginya. Dan sebahagian dari jin ada yang bekerja di hadapannya (di bawah kekuasaannya) dengan izin Tuhannya. Dan siapa yang menyimpang di antara mereka dari perintah Kami, Kami rasakan kepadanya azab neraka yang apinya menyala-nyala.”

Tafsir dari ayat tersebut bahwa Allah SWT telah mengeluarkan cairan tembaga yang keluar dari tanah baginya, sehingga Nabi Sulaiman AS dapat membuat apa yang dia kehendaki dari tembaga tersebut. Selain itu, dari tafsir ayat tersebut ada isyarat bahwa industri metalurgi dengan teknologi peleburan tembaga telah berkembang pada masa tersebut.

Misteri Pertambangan Tembaga di Masa Nabi Sulaiman

Peninggalan harta karun Nabi Sulaiman AS ini menjadi hal yang menarik dan dicari-cari oleh banyak orang. Salah satu yang menarik perhatian adalah situs kuno yang diduga berupa tambang tempat produksi tembaga. Para arkeolog mulai menggali situs kuno di padang pasir yang terletak di Lembah Timna, Israel Selatan sejak tahun 1964 atau sekitar 60 tahun yang lalu.

Sejak saat itu, para arkeolog melakukan penggalian dan pada tahun 2022 para

arkeolog mengaku bahwa mereka mungkin sudah berhasil menemukan sumber kekayaan tambang tembaga Nabi Sulaiman AS. Mereka menemukan ribuan lokasi jalur tambang tersebar di sekitar Lembah Timna yang diduga dilakukan oleh para pekerja di bawah kepemimpinan Nabi Sulaiman AS, yang dieksploitasi secara rahasia.

Prof. Erez Ben-Yosef, arkeolog dari *Tel Aviv University* yang memimpin proyek penggalian tambang tembaga Sulaiman tersebut meneliti sejumlah 1.000 tambang tembaga di Lembah Timna. Ia memperkirakan bahwa produksi di lokasi tambang tersebut berkembang pesat selama pemerintahan Nabi Sulaiman AS yaitu sekitar 3.000 tahun yang lalu. Hal ini diperkuat melalui pengumpulan material-material yang ditemukan di sekitar area tambang lalu dilakukan uji karbon. Didapatkan hasil bahwa material-material tersebut diyakini berasal dari abad 10 SM, sesuai dengan masa pemerintahan Nabi Sulaiman AS.

Komoditas utama dalam tambang tersebut bukanlah emas ataupun perak, melainkan tembaga. Pada zaman itu, tembaga disebut merupakan logam yang paling berharga dan menjadi industri yang menguntungkan. Dr Mohammad Najjar, dari *Friends of Archaeology of Jordan*, menjelaskan bahwa status logam tembaga saat itu mirip dengan minyak Bumi saat ini. Manusia pada zaman itu tidak bisa melakukan apa-apa tanpa tembaga.



Para arkeolog menggali situs pusat utama produksi tembaga di Lembah Timna (Central Timna Valley Project)

Bongkahan bijih tembaga yang berserakan di Lembah Timna diantara *slag* hasil residu produksi tembaga (Smithsonian Channel)



Metalurgi Bijih Tembaga di Era Nabi Sulaiman

Para peneliti memeriksa ratusan keping terak (*slag*) dan sisa peleburan tembaga dari tambang tembaga tua yang berusia 500 tahun. Diketahui bahwa Nabi Sulaiman AS berhasil memisahkan bijih tembaga dari batuan yang ditambang di Lembah Timna. Lebih dari 1.000 ton puing hasil peleburan pun telah ditemukan di sekitar Lembah Timna, khususnya Bukit Budak. Ben-Yosef mengatakan bahwa ini menunjukkan produksi industri skala besar seperti sebuah negara atau kerajaan.

Melalui proses peleburan, setelah ditambang dari gua-gua, bijih logam tersebut harus dipisahkan dari batuan dan ditumbuk menjadi bongkahan kecil. Selanjutnya bijih tersebut dimasukkan ke dalam wadah dari tanah liat, dan dipanaskan sampai suhu 2.000°F atau 1.083°F menggunakan arang. Sedangkan untuk mencapai suhu setinggi itu, belum ada alat yang canggih di masa Nabi Sulaiman AS. Maka pada saat itu para pekerja harus terus-

menerus meniup api ke tungku menggunakan pipa. Dibutuhkan waktu berjam-jam untuk mendapatkan komoditas tembaga dalam bentuknya yang murni.

Pada tahun 2022 para peneliti meneliti fragmen arang peninggalan dari 3.000 tahun lalu di area Lembah Timna, khususnya di Bukit Budak. Ketika awal-awal pertambangan, masyarakat kuno Lembah Timna menggunakan kayu dari *white broom* dan akasia secara besar-besaran. Namun seiring waktu, seperti ditunjukkan dari sampel arang, kualitas kayu bergeser ke kayu dari pohon yang lebih jelek.

Peneliti berpendapat penebangan pohon besar-besaran untuk dijadikan arang pembakar bijih tembaga membuat kayu yang berkualitas tinggi menjadi semakin langka. Puncaknya, tidak ada kayu lagi yang bisa dipakai untuk membuat arang. Hal inilah yang mendasari berhentinya kegiatan pertambangan karena masyarakat saat itu terpaksa meninggalkan tambang dan mencari sumber penghidupan lain.



Gambaran proses peleburan bijih tembaga masa Nabi Sulaiman AS (Smithsonian Channel)



Mineral *malachite* pada singkapan batuan di Lembah Timna (*Smithsonian Channel*)

Kaitan Penemuan Tambang dan Metalurgi Tembaga Era Nabi Sulaiman dengan Era Kini

Penemuan tambang dan industri metalurgi tembaga di era Nabi Sulaiman tentu memiliki keterkaitan dengan era saat ini. Berbeda dengan zaman sekarang, dimana tembaga merupakan komoditas umum, ternyata pada masa itu merupakan logam yang sangat dicari dan berharga. Diketahui bahwa masih terdapat bijih tembaga di sekitar lembah Timna yang ditunjukkan dengan garis-garis hijau yang masih terlihat di bebatuan. Dimana hal itu yang kita kenal sebagai mineral *malachite*, yaitu mineral oksida-karbonat penghasil tembaga.

Proses ekstraksi atau metalurgi bijih tembaga pada zaman Nabi Sulaiman AS pun sangat mirip dengan proses metalurgi bijih tembaga dari mineral oksida karbonat yaitu *malachite*. Dimana untuk mengekstraksi bijih tembaga tersebut digunakan metode *direct smelting*. Bijih *malachite* yang berkadar tinggi hingga menengah dapat dilebur dan direduksi secara langsung sehingga didapatkan logam tembaga yang terpisah dari pengotornya. Reduksi langsung dari bijih *malachite* yang melibatkan dekomposisi senyawa hidroksi-karbonat, reduksi tembaga oksida menjadi tembaga, hingga pemisahan fisik antara logam cair dan *slag*. Oleh sebab itu, di Lembah Timna ditemukan banyak keping terak hitam atau *slag* hasil peleburan tembaga.

Tembaga disebut menjadi titik balik sejarah peradaban manusia. Untuk pertama kalinya, orang bisa mengekstrak logam dari batuan



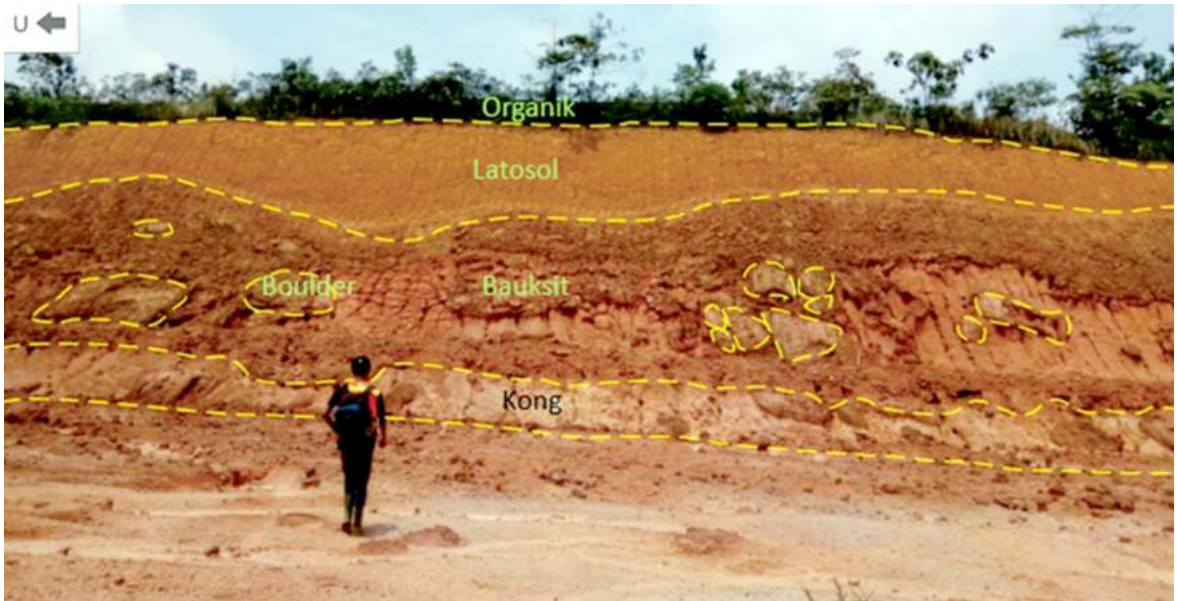
Alat dan senjata yang terbuat dari tembaga (*Smithsonian Channel*)

dan mengubahnya menjadi berbagai alat dan senjata. Dr Najjar menggambarkan momen itu sebagai "lompatan kuantum" di mana manusia mulai memproduksi alat-alat mereka sendiri.

Melalui proses peleburan, tembaga berhasil dipisahkan dari bijih alam yang terdapat dalam batuan. Penemuan ini bukan sekadar membuka tabir mengenai bagaimana peradaban kuno mengelola sumber daya alam, tetapi juga memberikan wawasan baru tentang bagaimana kekayaan Nabi Sulaiman diperoleh dan dimanfaatkan. Dengan demikian, keberadaan tembaga tidak hanya memiliki arti penting dalam konteks sejarah dan arkeologi, melainkan juga menggambarkan pentingnya pengelolaan sumber daya alam pada masa lampau.

Penulis: Alumni Teknologi Geologi Angkatan 2020, PEP Bandung

Karakteristik Bauksit dan Proses Pencucian



Profil Bauksit Tayan, Kalimantan Barat, PT. ATAM Tbk. (Sumber : Tim Eksplorasi Bauksit dengan Katim Dedi Sunjaya, 2023)

Oleh : Aisha Permatasari

Bauksit adalah kelompok mineral kaya akan aluminium, mengandung sejumlah kecil besi dan silika serta lainnya, umumnya digunakan untuk memproduksi logam aluminium.

Genesa

Bauksit laterit merupakan suatu lapisan konkresi yang kaya aluminium dan besi, berwarna kemerahan - kecoklatan akibat terkontaminasi oleh oksida besi, berpori, dan terdapat di daerah tropis - subtropis.

Liebrich (1892) menggunakan kata bauksit dalam arti luas, termasuk pelapukan mineral *gibbsite* pada batuan basaltik di daerah Vogelsberg-Jerman sedangkan Barthier (1921) menggunakan kata bauksit adalah endapan yang kaya akan aluminium oksida yang ditemukan di Les Baux, Avignon Perancis.

Bauksit terbentuk sebagai hasil dari pelapukan batuan induk yang memiliki kandungan Al tinggi, kandungan Fe rendah, dan kandungan SiO_2 rendah

atau tidak ada sama sekali. Bauksit diklasifikasikan dalam dua jenis :

- Terarosa, jenis bauksit yang merupakan fraksi - fraksi yang larut dari dolomit, banyak terdapat di daerah Mediteran dengan kandungan utama *diaspore* dan *boehmite*.
- Laterite, jenis bauksit yang banyak mengandung aluminium, terdapat di daerah tropis dalam bentuk *gibbsite* dan *boehmite*.

Syarat-syarat terbentuknya laterit adalah : batuan asal kaya akan unsur Al, daerah tropis - subtropis dengan curah hujan yang tinggi, temperatur harian lebih besar dari 20°C , topografi bergelombang, daerah berstadia tua (stabil), proses pembentukan di atas muka air tanah, dan *setting* tektonik stabil.

Kandungan Unsur

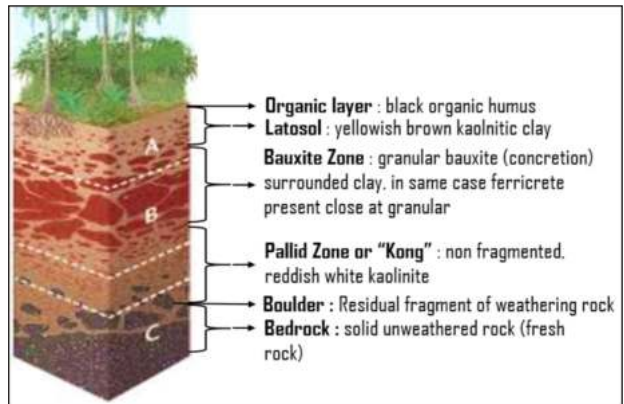
Unit Bisnis Pertambangan Bauksit (UBPB) Tayan, PT ANTAM Tbk, menggolongkan kadar bauksit menjadi 3 jenis yaitu bauksit kadar tinggi (*high grade*) yang memiliki kadar $\geq 50\%$ Al_2O_3 , bauksit kadar sedang (*medium grade*) yang memiliki kadar sebesar 49,9 - 40% Al_2O_3 , dan bauksit kadar rendah (*low grade*) memiliki kadar kurang dari 40% Al_2O_3 .

Jumlah kandungan Al bertolak belakang dengan kandungan Si, yakni jika dalam lapisan kandungan Al tinggi maka Si akan rendah begitupun sebaliknya jika kandungan Si tinggi maka, kandungan Al akan rendah. Sedangkan kandungan Fe dengan kandungan Al mempunyai kecenderungan sama. Jika Fe tinggi maka Al juga akan tinggi. Oleh sebab itu pada saat eksplorasi harus memperhatikan warna zona atau warna horison tanah, yaitu warna kemerahan yang menandakan kandungan Fe tinggi dapat mengindikasikan Al tinggi juga.

Profil Laterit Bauksit

Profil laterit bauksit pada umumnya memperlihatkan warna lapisan latosol cenderung kuning kecoklatan, sedangkan warna lapisan bauksit dan kong cenderung merah coklat. Berdasarkan kriteria lapisan tanah yang ideal pada endapan bauksit, terdapat 5 jenis zona atau horison tanah (Dedi Sunjaya, dkk., 2018), yaitu :

- Zona organik (top soil) : Humus organik hitam, bagian atas dari lapisan atau profil laterit.
- Laterit paleosol (latosol) : lempung kaolinitik berwarna kuning kecoklatan. Pada lapisan ini umumnya mineral-mineral bersifat *mobile* telah turun ke lapisan bawah sehingga hanya tersisa sedikit variasi mineral. Pada lapisan ini lebih banyak kandungan lempung dan Fe, sedikit silika.
- Zona bauksit : bauksit granular (konkresi) yang dikelilingi oleh lempung. Pengkayaan Al dan Fe terdapat di zona ini, terdapat mineral lempung dan sedikit silika
- Boulder : Sisa pecahan batuan yang mengalami pelapukan
- Zona pucat atau 'kong': kaolinit putih kemerahan tidak terfragmentasi, lapisan



Profil laterit bauksit (Harraz, 2013)

paling dekat dengan *bedrock*. Pada lapisan ini biasanya masih terdapat *relict texture*. Pada lapisan ini melimpah silika, terdapat banyak mineral lempung, dengan sedikit Fe dan Al.

Jenis Silika

Pada bijih bauksit, kandungan silika dibagi menjadi 2 jenis, yaitu total silika dan silika reaktif :

- Silika Total, yaitu total keseluruhan silika yg ada di bijih bauksit, termasuk Silika Reaktif dan non-reaktif. Batas toleransi maksimal total silika untuk produksi alumina adalah $\pm 20\%$.
- Silika Reaktif, yaitu total silika yang mudah larut dalam proses Bayer (proses ekstraksi bijih bauksit menjadi alumina) sehingga kadarnya cukup penting untuk diketahui, karena mempengaruhi proses pelarutan sehingga alumina sulit untuk dimurnikan. Umumnya Silika Reaktif terkandung dalam mineral lempung.

Pencucian Bauksit

Pada proses pencucian tujuannya adalah menghilangkan lempung yang menempel sehingga hanya menyisakan konkresi bauksit. Pada konsep tersebut, akan berkurang Silika Reaktif yang terdapat pada bijih bauksit karena silika reaktif banyak dijumpai pada mineral lempung, sehingga jumlahnya akan berkurang melalui proses pencucian.



Bauksit tersisa dari penambangan, lokasi di Pulau Bintan (Rohmana, dkk., 2007)

Dalam produksi bauksit, salah satu hal terpenting untuk kelancaran produksi adalah adanya unit pencucian yang berfungsi sebagai sarana pencucian *Crude Bauxite (CBx)* atau pencucian bauksit kotor menjadi *Washed Bauxite (WBx)* atau bauksit bersih yang telah dicuci (Bagaskara, 2018). Proses pencucian yang dilakukan pada instalasi pencucian bertujuan untuk meliberasi bijih bauksit terhadap unsur-unsur pengotornya yang pada umumnya berukuran <2 mm yaitu berupa tanah liat (*clay*) dan pasir silika. Sehingga hasil dari proses pencucian tersebut akan mempertinggi kualitas bijih bauksit, dimana akan didapatkan kadar alumina yang lebih tinggi dengan mengurangi kadar silika, oksida besi, oksida titan, dan mineral-mineral pengotor lainnya.

Peralatan pencucian berupa ayakan putar (*tromol rail* atau *rotary grizzly*) dan ayakan getar (*vibrating screen*), atau bisa juga menggunakan alat *tromol screen*. Ayakan putar mempunyai fungsi untuk mencuci bijih bauksit yang masuk melalui *hopper (stationary grizzly)*, sedangkan

ayakan getar berfungsi untuk mencuci bijih bauksit yang keluar dari ayakan putar. Ayakan getar mempunyai dua tingkat ayakan, dimana ayakan tingkat pertama (bagian atas) mempunyai lebar lubang bukaan 12,5 mm dan ayakan tingkat kedua (bagian bawah) mempunyai lebar bukaan 2 mm sehingga alat ini sering juga disebut dengan sistem ayakan getar bertingkat (*vibration horizontal double deck screen*).

Dengan demikian selama proses pencucian, bijih mengalami tiga tahap proses sebagai berikut, pertama penghancuran untuk memperkecil ukuran bijih bauksit yang berasal dari *front* penambangan, kedua pembebasan (*liberasi*) yaitu proses pembebasan bijih bauksit dari unsur-unsur pengotor, ketiga pemisahan (*sorting*) terhadap bijih bauksit yang berdasarkan pada perbedaan ukuran dan pemisahan terhadap fraksi yang tidak diinginkan yaitu yang berukuran 2 mm (Rohmana, dkk., 2007).

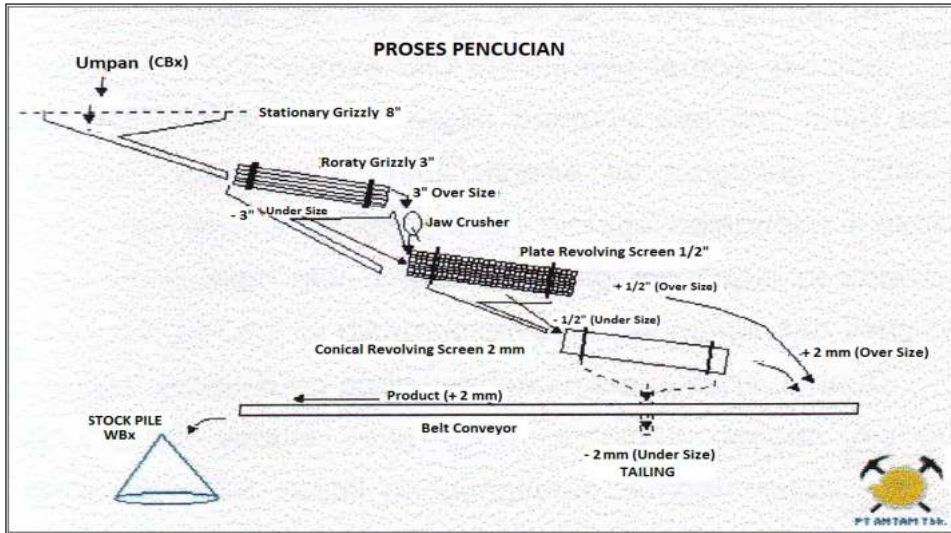


Diagram alir proses pencucian bauksit untuk menghilangkan pengotor (modifikasi dari PT ANTAM Tbk, dalam Rohmana, 2007)

Pencucian bauksit (Rohmana, dkk., 2007)



Bauksit sebelum pencucian, masih terdapat banyak lempung (kiri) dan bauksit setelah pencucian hanya tersisa konkresi saja (kanan)

Penulis: Mahasiswi Teknologi Geologi 2021

Rahasia di Balik Rockwool

Oleh: Grace Aura Lovetine

Rockwool adalah jenis wool mineral yang umum digunakan untuk isolasi bangunan dan rumah. Biasanya dibandingkan dengan *glasswool*, karena keduanya adalah jenis isolasi bangunan. Rockwool merupakan jenis isolasi yang dapat mencegah kebakaran, kerusakan oleh air, dan kebisingan, termasuk jenis isolasi termal.



Rockwool sebagai produk untuk media tanam hidroponik dan peredam suara



Batuan beku basalt, bahan untuk pembuatan *rockwool*

Bahan baku pembuatan rockwool adalah basalt. Untuk memastikan kualitas kompresi, pabrikan menambahkan sedikit minyak dan pengikat. Kemudian serat digabungkan dan dikompresi menjadi menjadi lembaran seperti tikar besar dan tebal.

Sebelum dimasukkan ke dalam oven, kepadatan dan struktur wool dari basalt ini disesuaikan. Rockwool dibuat dari bahan anorganik berserabut yang terdiri dari batuan vulkanik, berupa basalt yang dipanaskan pada suhu 1350-1400°C, dengan tambahan batu gamping dan *coke*. Ketika *rockwool* telah melewati oven, wool dipotong menjadi bagian yang berbentuk lembaran dan kubus.

Dipotong juga untuk beberapa jenis isolasi, keperluan perumahan, dan isolasi lainnya, serta dipotong menjadi isolasi pipa (Katherina, dkk, 2016)

Rockwool digunakan untuk berbagai tujuan isolasi termal dan akustik di berbagai konteks konstruksi dan industri, umum digunakan sebagai bahan isolasi untuk dinding, atap, dan lantai bangunan, yang berfungsi mengurangi transfer panas dan suara antar ruangan. Selain itu, digunakan juga dalam industri pada pembangkit listrik dan manufaktur untuk mengisolasi pipa dan peralatan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi. Fungsi *rockwool* untuk



Pabrik pembuatan Rockwool di Cikampek, Jawa Barat (Kontan.co.id)

mengurangi intensitas suara dari resonansi yang sampai ke telinga, prinsip kerjanya mengubah energi gerak menjadi energi panas akibat tumbukan molekul-molekul dalam bidang peredam suara. Dalam bidang industri akustik di studio rekaman, teater, dan auditorium untuk mengontrol pantulan suara dan meningkatkan kualitas akustik ruangan.

Dalam bidang pertanian, *rockwool* digunakan sebagai media hidroponik untuk membantu pertumbuhan tanaman dengan menyimpan air dan memberikan aerasi akar yang optimal. Selain itu, karena tahan api, *rockwool* adalah pilihan yang baik untuk konstruksi yang memerlukan perlindungan terhadap kebakaran. Cocok juga untuk digunakan di lingkungan yang memerlukan perlindungan terhadap kondisi lembab dan serangan organisme pengganggu karena tahan terhadap kelembapan, serangan jamur, dan hama.

Pembuatan Rockwool

Proses pembuatan *rockwool* ini dimulai dari penambangan batuan vulkanik berupa basalt. Basalt dihancurkan dan digiling menjadi partikel kecil untuk dipersiapkan sebagai bahan baku. Serbuk basalt kemudian dicampur dengan bahan tambahan seperti kaolin, silika, dan bahan pengikat organik.

Campuran tersebut kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur 1.500°C. Setelah partikel batuan dipanaskan pada suhu tinggi, akan meleleh menjadi cairan panas, dan ketika terpapar udara dingin, akan membentuk serat halus. Proses tersebut dikenal dengan "*spinning*". Setelah proses ini selesai, serat yang terbentuk akan disaring dan diikat menggunakan perekat organik atau anorganik untuk membentuk lembaran atau papan Rockwool.

Penutup

Dapat disimpulkan bahwa basalt memiliki potensi yang besar untuk diubah menjadi produk yang bernilai sangat ekonomis, yaitu Rockwool. Indonesia berada pada jalur *Ring of Fire* dimana terjadi kegiatan vulkanik dengan intensitas sangat tinggi, bahkan Indonesia merupakan negara dengan jumlah gunung api terbanyak di dunia. Hal ini tentu berpengaruh terhadap pembentukan basalt. Basalt hasil pembekuan lava potensial terbentuk melimpah. Potensi penghasil sumber devisa yang besar, yakni rockwool yang bahan bakunya basalt.

Penulis:
Mahasiswi Teknologi Geologi, angkatan 2023

Getme

Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
Jl. Jend. Sudirman No. 623 Bandung 40211,
Telp: 0822-1999-5001
Email: getme.pepb@gmail.com
Website: <https://pepbandung.ac.id>

