

ENDAPAN PLASER

ADI TONGGIROH

## **SINOPSIS**

Endapan primer dan endapan sekunder merupakan korelasi genetik yang menuntun dalam mendeteksi sumber dan jarak terbentuknya endapan plaser. Salah satu endapan plaser paling mudah diuapkan adalah butiran emas plaser. Korelasi genetik dan nilai jual merupakan pedoman umum para penambang endapan emas plaser yang umumnya didominasi oleh para penambang tanpa izin. Sederhananya bila dijumpai butiran emas di gunung maka pasti ada pula butiran emas di sungai. Memang emas plaser sangat menjanjikan selain langsung memiliki nilai jual juga karena diperoleh dari proses pemisahan cukup sederhana dari batuananya.

Awalnya kegiatan penelitian eksploratif diutamakan pada endapan primer seperti hidrotermal, epitermal, porfiri dan logam dasar, ternyata banyak dijumpai indikasi endapan plaser yang belum terdeteksi secara genetik. Inilah yang menjadi alasan bagi saya mewujudkan buku ini untuk memudahkan dalam pembelajaran baik bagi kalangan mahasiswa maupun pembaca pemerhati endapan mineral.



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan buku tentang endapan plaser ini dengan baik meskipun banyak kekurangan didalamnya.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih dengan setulus-tulusnya dengan segala harapan, keterbukaan dan kritik agar kemudian dapat kami revisi kembali menuju kesempurnaan buku ini.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada setiap pihak yang telah mendukung dan ikut berkontribusi dalam proses penyelesaian yang sekarang ini telah kami tuntaskan.

Makassar, 17 April 2019

Penulis





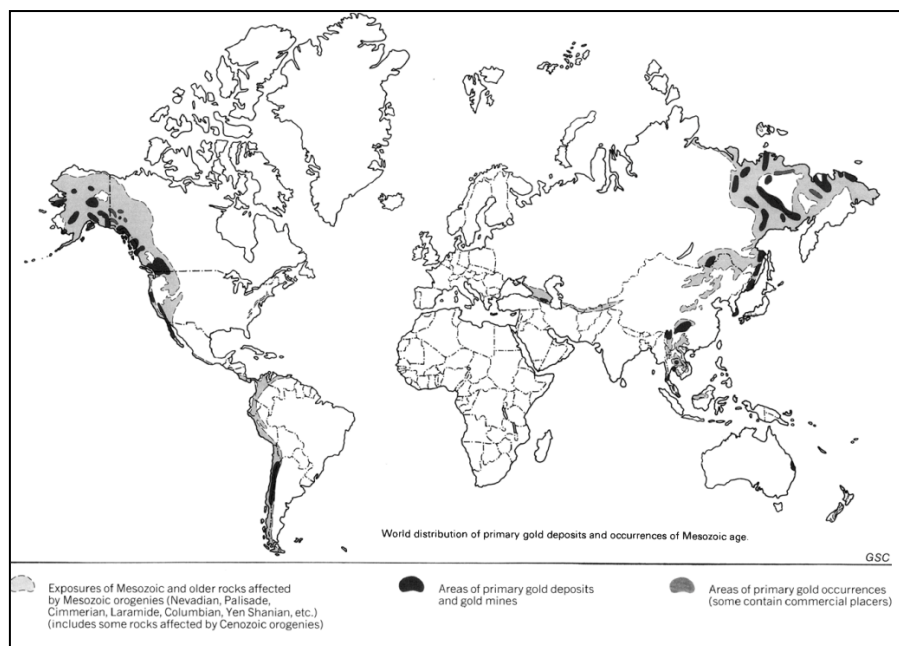
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Endapan plaser atau endapan emas paser merupakan indikator kondisi lingkungan yang dapat menjelaskan sejarah geologinya, karena endapan plaser terbentuk dari perpaduan berbagai proses awal suatu kejadian geologi. Distribusi mineral pada endapan ini dianggap sebagai model spekulatif dalam menjelaskan urutan sedimentasi yang telah terjadi (MacDonald, 1983; Lalomov *and* Tabolitch, 1997).

Kata “*placer*” pertama kali digunakan oleh penambang Spanyol ketika melakukan penambangan di Amerika Utara dan Amerika Selatan. *Placer* berasal dari bahasa Spanyol yang berarti "bank pasir." Istilah *placer* (plaser) ditujukan pada endapan *unconsolidated* berukuran kerikil yang mengandung logam mulia atau mineral-mineral berat lainnya, yang terbentuk pada berbagai lingkungan geologi global di dunia (Boyle,1979; Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Sebaran endapan plaser di dunia (Boyle,1979)

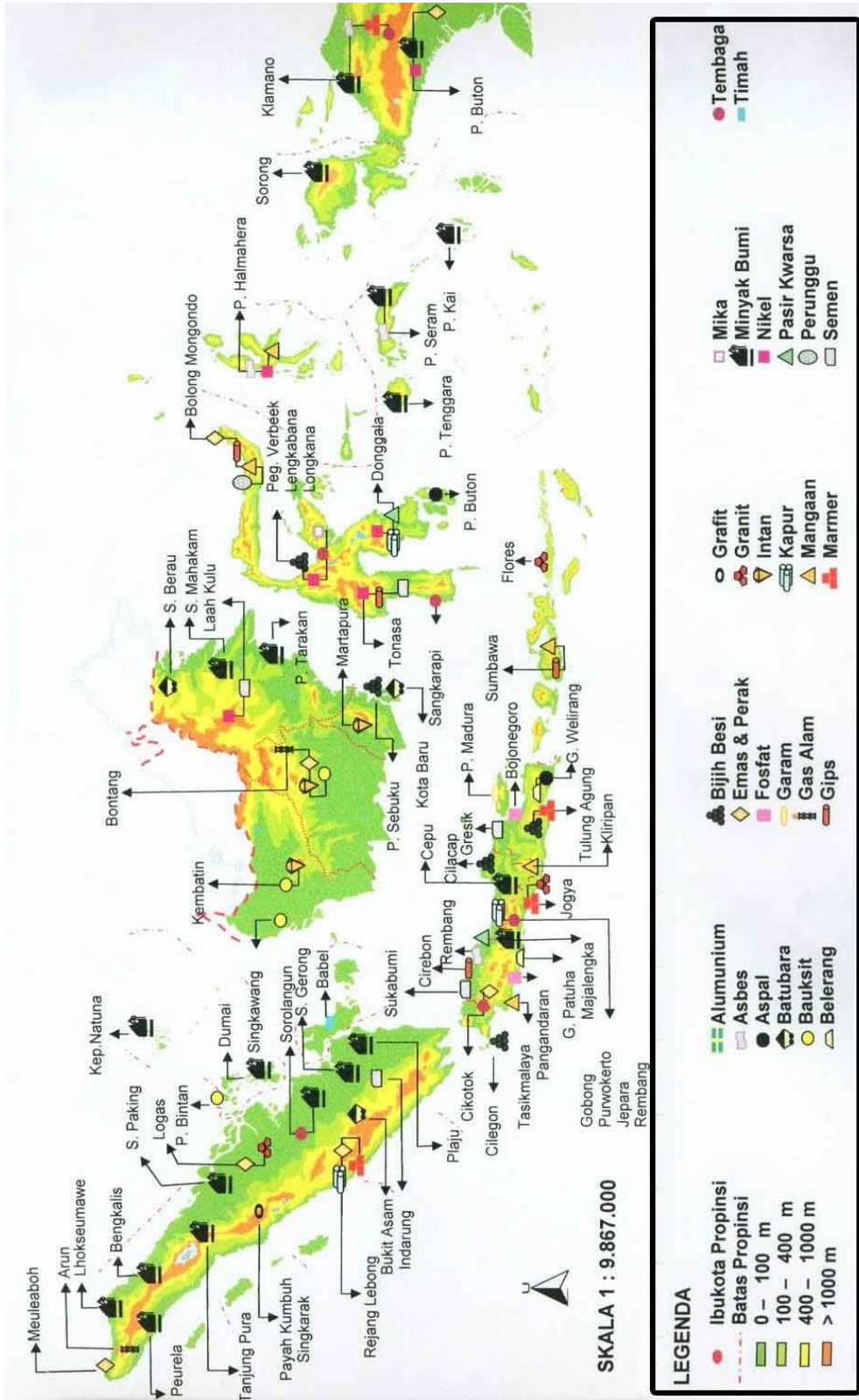
Endapan plaser telah berkembang di berbagai daerah selama periode tertentu dari sejarah bumi (Boyle, 1979; Henley *and* Adams, 1979; Pretorius, 1981; Guilbert *and* Park, 1986; Minter, 1991; Loen, 1992); yang umumnya diilustrasikan sebagai kontrol tektonik konvergen dalam lingkungan sedimen pada Masa Proterozoikum Awal, Arkeozoikum Awal hingga Kenozoikum (Henley *and* Adams, 1979); didominasi oleh faktor geomorfologi yang dikontrol oleh iklim dan tektonik (Sutherland, 1985); iklim dan waktu merupakan faktor-faktor yang mengendalikan pelapukan, laju erosi, suplai sedimen, peluang sedimentasi berulang, dan drainase serta denudasi Loen (1992). Seiring dengan perkembangan teknologi, eksplorasi dan penambangan endapan emas plaser, umumnya dilakukan pada konsentrasi endapan fluvial (sungai) yang berumur Pleistosen Awal hingga pada sedimen Holosen. Endapan yang berumur Pasca-Pleistosen juga dijumpai pada daerah glasial dan epigenetik neotektonik.

Dua kondisi atau persyaratan utama pembentukan endapan plaser adalah: (1) Lingkungan mineralisasi, yaitu terdapatnya formasi batuan hasil pelapukan, desintergrasi bijih, erosi, transportasi dan pengendapan, serta (2) Kondisi paleomorfologi. Syarat pertama terkait dengan sumber (*source*) mineralisasi, yang mengalami desintegrasi (pelapukan fisik), baik secara alamiah maupun non-alamiah. Secara alamiah desintegrasi terjadi melalui dua tahapan yang berbeda, yaitu tahap pelapukan batuan dan tahap transportasi. Pada tahap pelapukan terjadi pemisahan bagian mineralisasi yang lapuk dari batuan, selanjutnya pada tahap transportasi terjadi mekanisme pemisahan partikel mineral logam dan mineral non-logam. Peranan air sangat penting, baik pada tahap desintegrasi maupun transportasi (sebagai media transportasi), karena berperan pada proses pembebasan mineral logam dari ikatan kimia menjadi partikel, yang pada akhirnya terkonsentrasi pada tempat-tempat di mana kecepatan media berkurang, sedangkan partikel berukuran halus akan tertransportasi lebih jauh. Umumnya partikel berbutir halus terdiri atas mineral ringan dan mineral non logam, di mana ini merupakan alasan mengapa para eksplorasi dalam bekerja pada endapan plaser lebih cenderung memulai

identifikasinya pada zona-zona partikel halus. Alasannya cukup sederhana, karena partikel halus sangat berhubungan dengan lingkungan mineralisasi formasi batuan.

Dari berbagai hasil eksplorasi endapan primer yang berhubungan dengan endapan plaser di Indonesia, diketahui bahwa ternyata potensi endapan plaser di Indonesia sangat melimpah. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 2 di bawah ini, yang memperlihatkan sebaran bahan galian di Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, Pulau Jawa, Pulau Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Papua, di mana mineralisasi primernya berhubungan dengan *host rocks* batuan intrusi dan batuan vulkanik. Tinjauan terhadap geologi regional pada peta sebaran tersebut belum termasuk faktor tektonik yang bekerja pada batuan; pada soil di atas batuan bisa saja dijumpai butiran emas, walaupun singkapan batuan bukan batuan intrusi maupun vulkanik. Contohnya lokasi penambangan tanpa izin yang dilakukan oleh masyarakat di Gunung Botak, Pulau Buru, di mana keterdapatannya lapisan endapan emas plaser terletak di atas batuan metamorfik sekis.

Dalam klasifikasi genesis bahan galian, endapan plaser masuk sebagai endapan sekunder. Awalnya keterdapatannya mineral logam dalam material lepas (*unconsolidated*) dikenal dengan istilah endapan aluvial, karena mineral logam dijumpai pada material non organik, lanau, pasir, lempung dan gravel. Istilah ini sangat dekat dengan faktor air sebagai media transportasi, sehingga timbul kesulitan dalam memberi jawaban bila muncul pertanyaan tentang sumber (*source*) mineral logamnya. Tentu masih banyak pertanyaan, termasuk bagaimana dengan media angin. Ada pula yang menyamakan endapan plaser dengan istilah lain yaitu endapan sedimenter, yang tentunya terkait dengan faktor transportasi. Namun istilah ini menjadi rancu ketika ada contoh kondisi lapangan di mana suatu batuan yang mengandung mineralisasi emas kemudian menjadi lapuk sepanjang umur geologi dan hasil pelapukannya berubah ukurannya menjadi gravel, lanau, lempung soil, dan butiran emasnya terendapkan bersama soil di sekitar batuan sumber mineralisasi tersebut. Maka timbul pertanyaan, termasuk ke dalam klasifikasi manakah endapan plaser ini.



Gambar 2. Peta sebaran bahan galian di Indonesia (Badan Geologi, 2013).

Dalam buku ini, untuk memudahkan pembahasan, maka penulis menggunakan istilah plaser yang sudah tercantum dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia.

Meskipun belum ada catatan lengkap, namun kegiatan penambangan endapan plaser pada endapan emas aluvial di Kalimantan, Sumatera dan Sulawesi Utara telah dilakukan pada abad ke-18. Catatan eksplorasi endapan plaser di Indonesia dimulai pada pertambangan timah yang kala itu digunakan untuk bahan uang koin oleh Kesultanan Palembang. Kemudian tahun 1950-an endapan timah (kasiterit,  $\text{SnO}_2$ ) di Pulau Bangka, Belitung dan Singkep menjadi primadona pertambangan, karena memberikan kontribusi kedua setelah minyak bumi.

Sehubungan dengan kebutuhan dan perkembangan teknologi yang semakin pesat, maka potensi endapan plaser emas dan logam lainnya mengalami pergeseran eksplorasi, yaitu pada endapan plaser unsur-unsur tanah jarang (REE, *Rare Earth Element*). REE adalah kelompok unsur yang mengandung satu atau lebih elemen, yang termasuk dalam kelompok 17 elemen kimia yang disebut *Rare Earth Element*, yang terdiri atas skandium, itrium dan 15 unsur lantanida (lantanum, serium, praseodimium, neodimium, prometium, samarium, europium, gadolinium, terbium, disprosium, holmium, erbium, tulium, iterbium, dan lutetium).

Buku ini terdiri atas enam bagian.

**Bagian Pertama** membahas definisi umum dan khusus endapan plaser.

**Bagian Kedua** menguraikan tahapan proses pembentukan endapan plaser, yang meliputi pelapukan, transportasi dan pengendapan.

**Bagian Ketiga** tentang teori endapan plaser dari berbagai pendapat, serta ciri-ciri khususnya.

**Bagian Keempat** tentang kelompok-kelompok mineral plaser, yaitu plaser logam, non-logam, termasuk REE.

**Bagian Kelima** tentang metode-metode eksplorasi endapan plaser dan perkembangan teknologinya.

**Bagian Keenam** tentang metode-metode penambangan dan perkembangan teknologinya.

## **BAB 2**

### **KONTROL TEKTONIK, GEOMORFOLOGI, PELAPUKAN, TRANSPORTASI DAN EROSI**

#### **2.1 Kontrol Tektonik**

Pembentukan dan distribusi endapan emas plaser dibatasi oleh pola tektonik, iklim dan geomorfologi, waktu geologi dan tingkat denudasi. Yang menyebabkan terjadinya drainase sebagai media transportasi endapan emas primer kemudian terkonsentrasi membentuk endapan residu, alterit atau plaser.

Sebaran emas plaser di Daerah Otago dan Placer Westland, Selandia Baru, California, AS, British Columbia, Kanada, Wilayah Klondike dan Yukon disebabkan oleh tektonik konvergen (Henley dan Adams, 1979). Ini agak berbeda dengan teori yang menyatakan terbentuk pada lingkungan tektonik pasifik margin dan sedimen tersier. Proses tektonisme pengangkatan dan pembentukan pegunungan menghasilkan erosi dan sedimentasi sampai aktifitas tektonik berhenti pada Tersier Akhir. Batas-batas tektonisme lempeng konvergen merupakan lingkungan yang cocok dalam pembentukan endapan emas plaser.

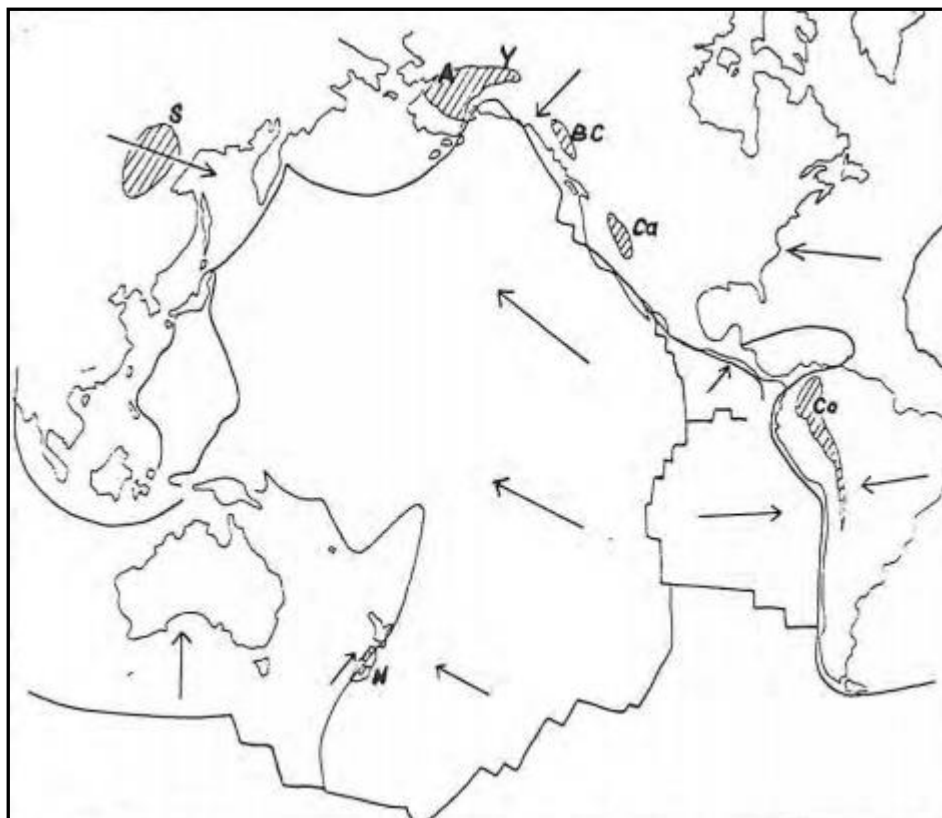
Pada masing-masing, erosi dan pengerjaan ulang sedimen yang membentuk placers terkait dengan pengangkatan regional, dan pengangkatan dan konsekuensi pembentukan gunung terkait, pada gilirannya, dengan perubahan gerakan lempeng relatif di Tersier akhir. Batas lempeng konvergen dan penyempitan kerak di daerah benua tampaknya telah menyediakan lingkungan yang cocok untuk pembentukan endapan plaser emas (Gambar 2.1).

#### **2.2 Kontrol Geomorfologi**

Sutherland (1985) menekankan bahwa pentingnya faktor geomorfologi dalam mengetahui formasi dan distribusi endapan plaser. Distribusi mereka sebagian besar terkait dengan variasi terbaru dalam proses geomorfologi yang bekerja

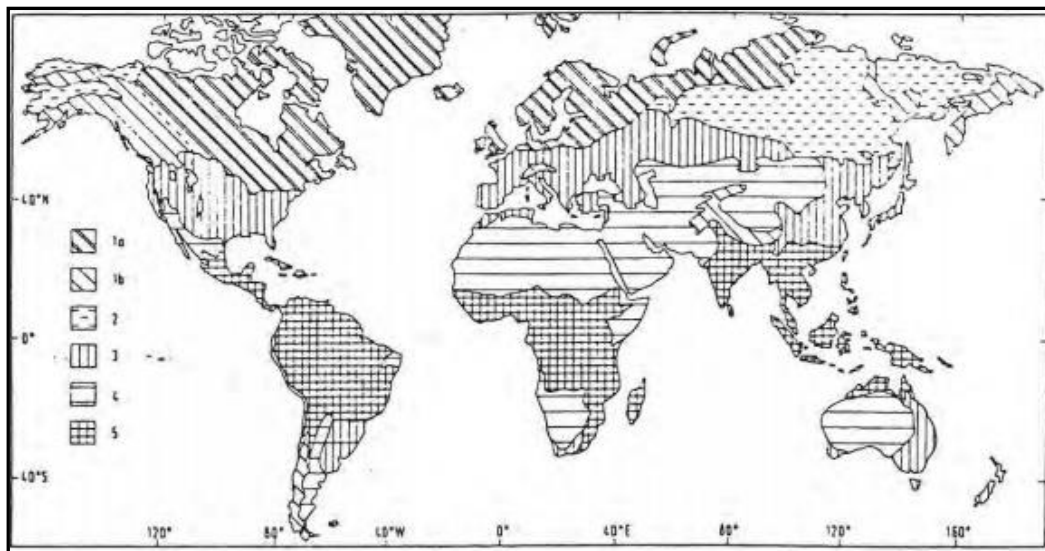
pada permukaan bumi membentuk permukaan massa tanah yang merupakan produk dari batuan dasar, pola struktur geologi sebagai bagian dari rezim tektonik dan proses eksternal, utamanya iklim.

Distribusi sumber batuan dasar dari emas Prakambrium, Urutan Palaeozoik dan Mesozoik-Kenozoikum serta distribusi endapan plier Tersier ke Usia terkini adalah digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Batas lempeng sirkum pasifik. (A) Alasta;(I) Yukou; (BC) British Columbia; (Ca) California; (Co) South Africa (Cololbia,ete);(I) New Zealand (Otago, Westland) (after Henley and Adams,1979).

Kuatnya pengaruh iklim dalam control morfologi maka berbagai jenis morfologi membentuk lahan yang disebut sebagai morfoklimatik. Kondisi iklim yang tak stabil mempengaruhi distribusi endapan plaser menyebabkan pula konsentrasi fraksi emas tidak menentu. Oleh karenanya Sutherland (1985) menggunakan istilah wilayah morfogenetik dengan mengidentifikasi lima morfologi, yaitu : 1) glasioal (lapisan es dan gunung); 2) dingin non-glasioal; 3) beriklim lembab; 4) kering dan semi kering dan 5) lembab dan tropis (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Morfogenetik regional di dunia (1a) glacial regions affected by ice sheets; (1b) glacial regions in mountains areas; (2) cold non-glacial regions; (3) humid temperate regions;(4), semi-arid to arid regions; (5) humid tropical regions (Sutherland, 1995).

### 2.3 Pelapukan

Pelapukan kimia dapat didefinisikan sebagai reaksi unsur kimia yang terkandung dalam batuan dan mineral bereaksi dengan unsur-unsur udara dan air di atau dekat permukaan bumi. Reaksi ini juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti melimpahnya unsur oksigen, karbon dioksida, air, suhu dan tekanan rendah.

Diketahui bahwa ada mineral yang stabil dan ada yang tidak stabil, jadi proses pelapukan sebenarnya adalah proses keseimbangan unsur kimia yang

menghasilkan sifat resistensi mineral terhadap pelapukan. Contoh tahapan resistensi :

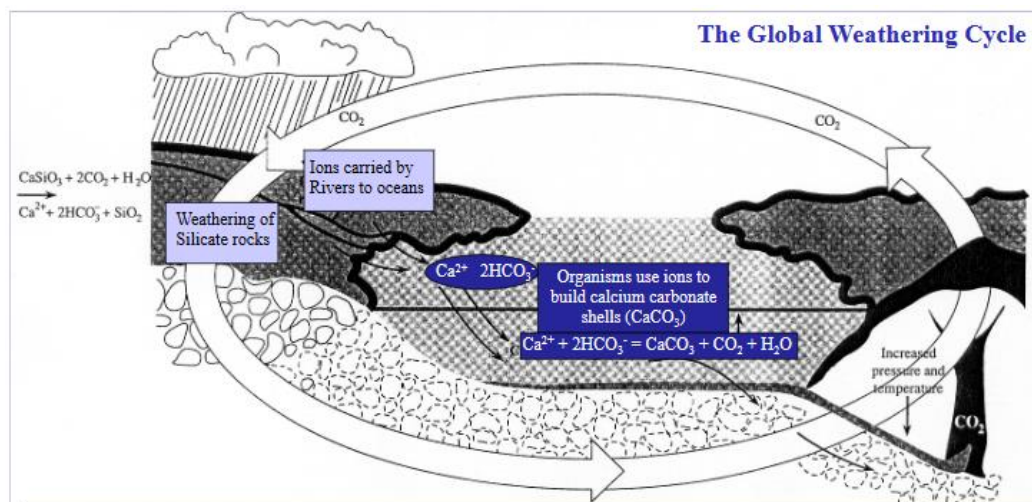
Oksida > Silika > Karbonat > Sulfida

Semua reaksi kimia berhubungan dengan pelapukan kimia melibatkan empat proses yang relatif sederhana, yaitu : ionisasi; penambahan air dan karbon dioksida; hidrolisis; dan oksidasi. Produk pelapukan kimia tiga kali lipat, yaitu :

- (1) Mineral terlarut (penting untuk pedoman sampling prospeksi Geokimia)
- (2) mineral tidak larut (menghasilkan geokimia residu, biasanya pada anomali soil)
- (3) Sisa mineral primer (termasuk fraksi mineral berat)

:

Seperti biasa, batas antara jenis-jenis pelapukan ini buram. Pelapukan fisik dan kimia dapat didorong oleh reaksi anorganik atau biokimia. (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Siklus pelapukan global

Endapan placer terbentuk oleh pelapukan dan dekomposisi batuan yang mengandung mineral ekonomis. Pergerakan material mungkin terlibat tetapi

tidak perlu. Namun, penting untuk dicatat bahwa mineral yang diminati sudah ada tubuh batuan dan tidak dipengaruhi oleh pelapukan, setidaknya tidak secara signifikan. Contohnya emas, hadir dalam endapan orogenik-emas. Selama pelapukan, emas mempertahankan komposisi kimianya dan struktur kristalnya. Sebagai bukti, bahwa bahkan butiran emas akan termodifikasi selama proses pengendapan dalam sedimen sungai. Sejumlah mineral dapat dijumpai dalam endapan placer. Dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Mineral yang dapat dijumpai dalam endapan placer (after Ridley 2013, modifikasi dan penambahan).

<b>Mineral</b>	<b>Komposisi</b>	<b>Sumber Batuan</b>
Rutil	TiO <sub>2</sub>	Banyak tipe batuan
Ilmenite	FeTiO <sub>3</sub>	Batuan beku basa
Zircon	ZrSiO <sub>4</sub>	Batuan beku asam
Monazite	(REE)PO <sub>4</sub>	Batuan beku asam
Garnet		Gneiss dan Skarn
Kromit	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Bijih
Emas	Au	Bijih
Cassiterite	SnO <sub>2</sub>	Bijih
Uraninite	UO <sub>2</sub>	Granit
PGM		Bijih
Intan	C	Bijih
Apatit	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F)	Karbonatit

Mineral yang terakumulasi dalam placer akan memiliki massa yang berat, resisten secara kimiawi dan mekanis. Beberapa mineral berat tetapi tidak stabil secara mekanis, misalnya wolframite atau cinnabar, karena mereka memiliki belahan yang sangat baik atau terlalu rapuh. Beberapa merupakan mineral berat tetapi tidak stabil secara kimia, misalnya pirit atau kalkopirit, karena mereka bereaksi dan terurai saat bereaksi dengan oksigen dan air.

Partikel mengalami transportasi, pengendapan, remobilisasi dan terendapkan ulang pada lingkungan pengendapan air. Sifat dari suatu sistem yang membawa partikel mineral dan fragmen batuan dalam alur suspensi adalah laju pengendapan, kepadatan partikel dan perbedaan kepadatan antara mineral,

ukuran dan bentuk partikel, dan jenis aliran air (laminar atau turbulensi). Partikel berat mengendap dan bergerak secara bertahap ke bagian bawah.

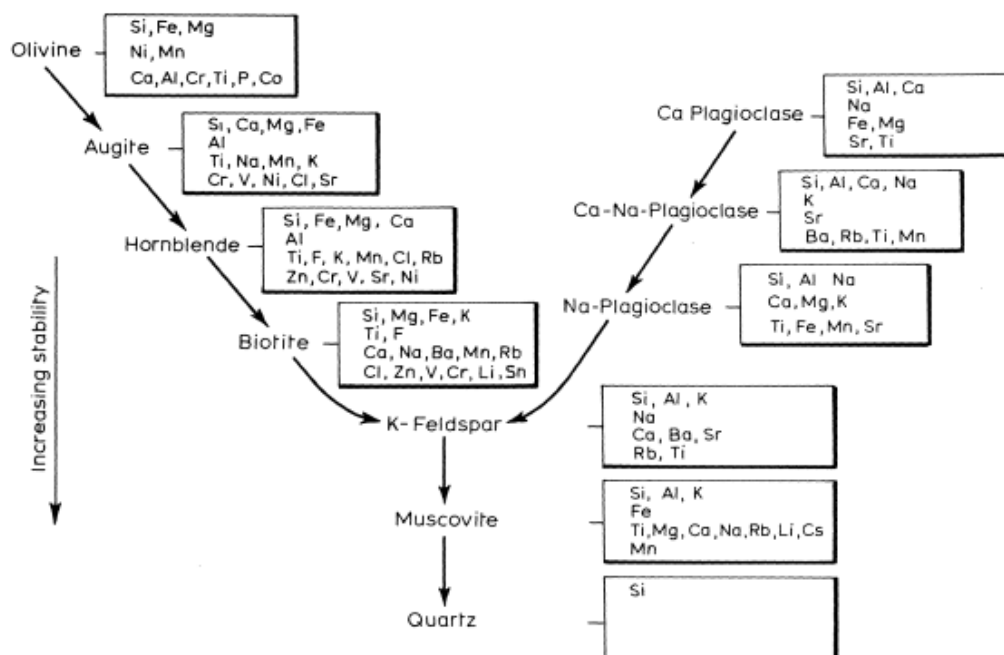
Placer dapat berkembang baik di tepi laut maupun sebagai sedimen sungai. Pasir mineral berat diketahui berasal dari pantai berumur Neogen, yang terbentuk pada saat pasang air laut. Mineral yang terakumulasi dalam jenis placer ini adalah mineral aksesori umum batuan, misalnya magnetit atau zirkon.

Jenis placer khusus dan unik ditemukan di sepanjang garis pantai di Namibia dan Afrika Selatan. Di tempat tersebut, lubang-lubang pada batuan yang tererosi dapat berisi sedimen yang dikaya akan berlian. Placer pada sedimen umumnya dijumpai. Tidak hanya dijumpai pada sungai resen, tetapi telah didokumentasikan juga dari sedimen sungai Archean. Sungai memiliki energi yang cukup untuk mengangkut dan mengendapkan bahan klastik menurut ukurannya. Mineral yang terakumulasi dalam jenis placers ini adalah mineral dari urat bijih maupun batuan, misalnya dalam deposit emas orogenik atau deposit ortomagmatik dengan mineral kelompok-platinum.

Placer yang secara geologi disebut sebagai paleoplacer. Jelas, identifikasi paleoplacer membutuhkan bidang analitik yang menyeluruh, tetapi mungkin sangat bermanfaat. Contoh paleoplacer yang paling terkenal adalah deposit emas Witwatersrand (lihat Phillips dan Law 1994, Frimmel 1997). Batuan induknya adalah endapan Archean, sedimen klastik kasar termetaformisme lemah. Banyak ahli geosains percaya bahwa endapan ini adalah paleoplaser walaupun ada juga yang berpikir bahwa endapan tersebut merupakan endapan hidrotermal. Tampak bahwa batuan sumber sedimen klastik adalah granit, gneisses, dan *greenstone*. Mineralisasi, menghasilkan emas, pirit, uraninit, dan bahan organik, terkonsentrasi pada lapisan tipis, yang disebut *reef*. Emas diduga berasal dari endapan emas orogenik dengan batuan sumber gneiss dan granit. Uraninite dan pirit juga menjadi detrital karena atmosfer pada waktu itu bebas oksigen.

## 2.4 Pelapukan Tubuh Bijih

Cukup banyak tipe endapan yang terbentuk dari proses pelapukan, misalnya bauksit, nikel laterit dan kaolin dan juga endapan mangan supergen. Yang perlu dipahami bahwa ada perbedaan proses kimia ketika mineral lapuk dan proses kimia ketika terjadi konsentrasi pada mineral (Gambar 2.4).



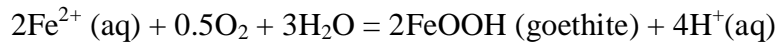
Gambar 2.4 Urutan kestabilan mineral selama proses pelapukan (after Goldich 1938).

Bijih sulfida yang terbentuk dari cairan hidrotermal yang mengalami penurunan kadar kandungan belerang ketika bersentuhan dengan atmosfer. Menjadi tidak stabil dan akan mengalami oksidasi. Sehingga mineral ini terurai dan melepaskan logam dan belerang ke dalam larutan berair.

Pelapukan pirit,  $\text{FeS}_2$ . Mineral bijih sulfida yang paling umum adalah pirit. Bereaksi dengan atmosfer sesuai dengan reaksi ini:



Pada tahap kedua, divalen besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) akan mengalami oksidasi menjadi trivalen besi.

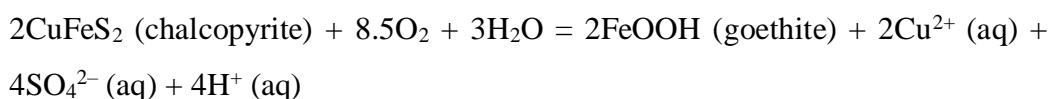


Besi divalen sangat mudah larut dan biasanya tetap dalam larutan sampai teroksidasi. Besi trivalen ( $\text{Fe}^{3+}$ ), di sisi lain, sangat tidak larut dan mengendap dari larutan. Sejumlah besar besi trivalen dapat larut dalam air hanya jika pH sangat rendah, kurang dari 2. Mineral dengan komposisi  $\text{FeOOH}$  adalah goethite.

Perhatikan bahwa dalam kedua reaksi, proton ( $\text{H}^+$ ) akan dilepaskan ke dalam air, sehingga menurunkan pH-nya. Air seperti itu akan menjadi semakin asam secara progresif, sampai secara kimiawi sangat reaktif, mampu melarutkan sulfida dan silikat lainnya, dan mampu mengumpulkan sejumlah elemen lainnya.

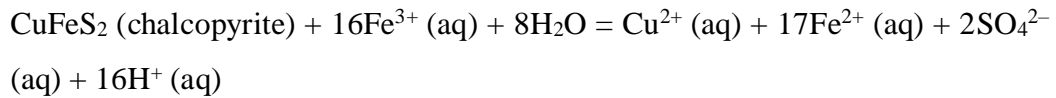
Oleh karena itu, tubuh bijih yang mengandung pirit berlimpah akan mengembangkan zona oksidasi yang sebagian besar terdiri dari goethite (atau mineral oksida besi serupa). Zona oksidasi mengandung mineral sekunder. Pirit, awalnya dalam bentuk bijih sebagai mineral utama. Goethite terletak di bagian atas badan bijih, di dekat permukaan, membentuk tutupan goethite. Dikenal sebagai gossan.

Pelapukan kalkopirit,  $\text{CuFeS}_2$ . Kalkopirit juga umumnya dijumpai dalam bentuk bijih. Disolusi dari kalkopirit oksidatif dapat secara kasar dijelaskan dengan suatu reaksi:



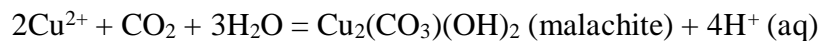
Reaksi ini menunjukkan bahwa pelapukan kalkopirit secara umum menghasilkan, padatan kaya zat besi dalam bentuk goethite dan ion air  $\text{Cu}^{2+}$  dan sulfat. Ion-ion akan tetap dalam larutan;  $\text{Cu}^{2+}$  cukup larut. Penting juga untuk

dicatat bahwa oksigen tidak berperan dalam reaksi ini. Reaksi alternatif bisa jadi:

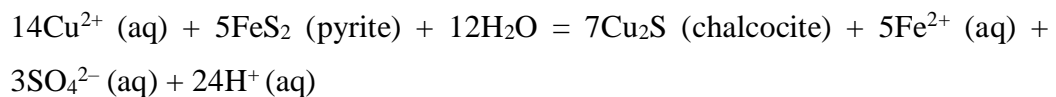


Dalam reaksi ini, agen oksidasi adalah  $\text{Fe}^{3+}$ , bukan  $\text{O}_2$ .  $\text{Fe}^{3+}$  berasal dari oksidasi pirit. Perhatikan bahwa juga dalam reaksi ini, ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan sulfat yang dapat larut dihasilkan. Dalam kedua reaksi yang melibatkan kalkopirit, salah satu produk berlimpah adalah ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ), sehingga menurunkan pH larutan berair dan meningkatkan keasamannya.

Di dekat permukaan, larutan Cu-sulfat selanjutnya dapat bereaksi dengan atmosfer. Karena tidak ada lagi yang dioksidasi, tidak ada reaksi redoks yang terjadi. Reaksi khas untuk solusi seperti itu dalam kontak dengan atmosfer adalah:



Bagian paling atas dari tubuh bijih dengan kalkopirit primer dan pirit setelah oksidasi terdiri dari goethite dan malachite (atau azurite). Pada kedalaman menengah, larutan Cu-sulfat akan berinteraksi dengan pirit primer yang tidak larut:



Dalam reaksi ini, tembaga terlarut mereduksi besi dalam pirit. Pirit larut dengan tembaga sulfida, dalam hal ini kalkosit, mengendap. Produk umum lainnya dari reaksi tersebut adalah covellite,  $\text{CuS}$ .

Chalcocite dan covellite adalah dua mineral umum sementasi atau zona pengayaan endapan bijih tembaga. Zona sementasi adalah hasil dari reaksi seperti yang tertulis di atas. Zona pengayaan mengacu pada kadar bijih yang

tinggi di dalam zona ini; dapat dibentuk oleh tembaga sulfida masif, pada dasarnya tanpa mineral lain.

Ada logam lain, selain dari tembaga, yang mampu menggantikan besi dalam pirit atau secara umum memiliki afinitas yang lebih besar terhadap pengurangan sulfur daripada besi. Ini terdaftar dalam urutan afinitas itu dalam Tabel 2.

Tabel 2.2 Logam yang tercantum dalam urutan afinitasnya terhadap sulfur yang berkurang. Logam di bagian atas mudah bergabung dan reaktif terhadap belerang, logam di bagian bawah memiliki kecenderungan lebih rendah untuk bergabung dengan belerang.

---

Palladium
Mercury
Copper
Silver
Bismuth
Cadmium
Antimony
Tin
Lead
Zinc
Nickel
Cobalt
Iron
Arsenic
Thallium
Manganese

---

Seperti yang ditunjukkan oleh daftar pada Tabel 2, logam yang cenderung mengalami pengayaan adalah Pd, Hg, Cu, dan Ag. Palladium jarang terjadi di alam dan merkuri agak tidak larut. Zona pengayaan atau sementasi adalah tipikal khusus untuk bijih perak dan tembaga.

## 2.5 Perubahan Mineral

**Kerentanan Perubahan Mineral.** Diketahui bahwa mineral terbentuk pada temperatur yang tinggi dan tekanan yang tinggi pada awal perngkristalisasi terjadi oksidasi. Dikarenakan pembentukan oksigen diawal mereka lebih rentan

ketika diekspose ke atmosfer daripada spesies yang baru akan terbentuk. Olivin lebih cepat lapuk diantara mineral ferromagnesium lainnya dan kuarsa didapatkan pada skala terakhir. Secara konsekuen pelapukan ini bertujuan pada Seri Bowen yang menunjukkan urutan kristalisasi mineral dari magma.

Pada waktu tersebut oksidasi juga berpengaruh pada perubahan mineral yang resisten dan leukoksinasi dari ilmenit adalah contohnya. Ilmenit ( $\text{FeOTiO}_2$ ) memiliki kandungan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 52,6% namun meningkat pada kandungan besi  $\text{Fe}^{2+}$  yang teroksidasi menjadi besi terlarut  $\text{Fe}^{3+}$  dan tercuci oleh butiran air. Standar nya menjadi hal penting pada material utuh pada ehlorin teknologi dalam industri pigmentasi meskipun sulfatnya kurang dikarenakan larutan berkarakteristik teristik pada  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Macdonald, 1973). Oksida murni seperti rutil dan kasiterit merupakan mineral yang stabil. Karbon murni sepeti intan mungkin merupakan mineral terstabil baik fisik dan kimia.

Tabel 2.3 Mineral umum pada kerentanan pelapukan kimiawi

Decreasing temperature of Crystallization ↓ Increasing susceptibility to weathering ↑	Olivine (Mg, Fe) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub>	Calc. Plagioclase CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Gabroic
	Augite Ca(Mg, Fe, Al)(Al, Si) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Cal. Soda Plagioclase (Ca, Na)(Al, Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	Dioritic
	Hornblende Ca <sub>2</sub> (Mg, Al) <sub>4</sub> (Al, Si) <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>3</sub>	Soda Plagioclase Na, Al, Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	
	Biotite K(Mg, Fe) <sub>3</sub> Al, Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>		
	Orthoclase K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		Granitic
	Muscovite K Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>		
	Quartz SiO <sub>2</sub>		

**Ketahanan Mineral untuk Berubah.** Dari bijih logam, yang mengandung sulfida dan cuaca tercepat mineral sulfida seperti galena, sfalerit, kalkopirit, dll. Jarang ditemukan di placers kecuali di dekat sumber. Ada kemungkinan yang serupa plester terbentuk dari pelapukan batuan mengandung emas mangan, sulfida besi atau klorida yang melimpah kecuali di mana zat pencetus seperti kalsit, pirhotit, kalkosit, olivin dll. Juga ada, atau di mana erosi sangat cepat. Solusi yang mengandung klorida dan  $H_2SO_4$ , mempromosikan proses klorinasi alami yang mengambil emas menjadi solusi dan membawanya pergi (Emmons, 1917).

Resistensi terhadap perubahan diberikan dalam berbagai tingkat oleh kimiawi mineral pelacak dan oleh sifat fisiknya yaitu kekerasan, pembelahan, kehalusan, ukuran, bentuk kristal, dan asosiasi tekstur. Mineral tertentu bertahan istimewa dibandingkan dengan banyak mineral pembentuk batuan yang mereka gunakan. Ini ditunjukkan oleh Ruhe dan Cady (1967) ketika mereka mengukur distribusi ukuran partikel dalam dua tanah yang berbeda untuk menunjukkan mineral yang ada, zirkon bertahan dalam fraksi ukuran lebih rendah lebih baik daripada yang lain. Data yang menunjukkan variasi persentase mineral yang berbeda disajikan pada Tabel 2.4.

Dalam penelitian serupa dilakukan di sepanjang Sungai Tamar. South West England, Samad (1977) menemukan bahwa varietas yang lebih stabil secara kimiawi adalah yang paling tahan terhadap mineral detrital; aksi mekanis tampaknya tidak terlalu penting. Emery and Noakes (1968), dalam mempertimbangkan daya angkut relatif dan kelangsungan hidup dari mineral berat detrital, menyarankan jarak perjalanan maksimum 8 km untuk kasiterit dan jarak median untuk emas dengan deduksi 15 km, dengan demikian, bahwa plat yang mengandung mineral ini jarang dihilangkan. dari tubuh induknya. Emas, bagaimanapun, tidak selalu sesuai dan Wells (1969) menunjukkan bahwa dibagi dengan halus emas menempuh jarak yang sangat jauh, mengutip bentangan 400 mil dari Sungai Snake, Wyoming Barat, tempat bar skim telah bekerja secara berselang sejak 1860.

Tabel 2.4 Resistensi mineral terhadap pelapukan

Mineral Spesies	Sangamon soil			Loveland loesees		
	Microns 100-50	Microns 50-20	Percentage variation	Microns 100-50	Microns 50-20	Percentage Variation
<b>Epidote</b>	24	29	21	18	25	29
<b>Tourmaline</b>	2	3	50	4	3	-25
<b>Zircon</b>	4	11	175	1	11	1000
<b>Garnet</b>	10	10	Nil	5	9	80
<b>Hornblende</b>	45	20	-56	54	23	-57
<b>Titanium</b>						
<b>Minerals</b>	10	20	100	10	18	80
<b>Apatite</b>	3	5	66	4	19	125
<b>Others</b>	2	2	Nil	4	2	-50

Eksperimen yang dilakukan oleh Linkholm (1968) menunjukkan bahwa berlian berkualitas permata lebih tahan daripada jenis industri. Dalam salah satu uji coba ini, sebuah ball mill 18 in (45,72 cm) diameter 24 in (61 cm) diisi dengan 250 lb (114 kg) bola baja 1 in (2.54 cm) dan 1 liter -6mm + 4 m kerikil dari pabrik pengolahan pusat CDM bersama dengan enam berlian berkualitas industri dari Bakwanga di Kongo, dan si berlian berkualitas dari teras laut Afrika barat daya. Keseluruhan biaya ditutupi dengan air dan dijalankan pada 30% dari kecepatan kritis untuk total waktu milling 950 h.

Isi gilingan dicuci lebih dari 60 mesh layar setiap jam dan kebesaran kembali ke gilingan. Setelah 7 jam semua berlian industri telah hancur. Setelah 950 jam total penurunan berat berlian teras kualitas permata hampir tidak dapat diukur pada 0,01%. Setelah 950 jam kehilangan berat total kerikil adalah 40%. Hasil percobaan ini mendukung pengamatan di barat daya Afrika tentang teras laut yang mengandung berlian, di mana kurang dari 3% berlian berkualitas industri, namun kelemahan yang diamati dari berlian industri dalam penyelidikan ini belum tentu merupakan norma untuk semua varietas.

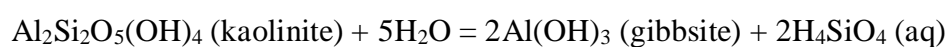
MINERAL	COMPOSITION	RELATIVE DENSITY	HARDNESS	CRYSTAL SYSTEM	DETRIAL SHAPE	SOURCE
<b>NATIVE ELEMENTS</b>						
Gold	Au	15.0-19.3	2.5-3	Cubic	round or flat grains, rods or flakes	hypo-, meso- and epithermal veins
Platinum	Pt	14.0-19.0	4-4.5	Cubic	angular grains and flakes	mafites/ultramafites
Other P.G.M	Pd, Ir, Os	12.0-21.1	4.5-7	Cubic	angular grains	mafites/ultramafites
Diamond	C	3.5	10	Cubic	mostly octahedra	cratonic kimberlite/lamproite
<b>OXIDES AND HYDROXIDES</b>						
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5.18	5.5-6.5	Cubic	octahedra - well - rounded equant grains	mafites igneous rocks
Chromite	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4.3-4.6	6-May	Cubic	octahedral - well - rounded equant grains	mafites/ultramafites
Other Spinel	XY <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3.6-4.6	7.5-4.6	Cubic	octahedral - well - rounded equant grains	ig. Rocks and aluminous metasedts.
Cassiterite	SnO <sub>2</sub>	6.8-7.1	7-Jun	Tetrag.	prismatic xtals, angular - rounded grains	S-type granites
Rutile	TiO <sub>2</sub>	4.18-4.25	6-6.7	Tetrag.	prismatic xtals, angular - rounded grains	plutonic ig. met. And sedt. Rocks
Ilmenite	FeTiO <sub>3</sub>	4.5-5	6-May	Hex.	sub-rounded - rounded equant grains	mafites/ultramafites
Leucocoxene	Alteration after ilm.	3.5-4.5	Variable	Amorphous	rounded - angular irregular coated grains	sedimentary rocks
Corundum	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.95-4.15	9	Hex	ang - rounded irregular fragments	svenite, feldsp. Pegmat. Met. Shale and ist.
Tant. Columbite	(Fe,Mn)(Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	5.2-7.95	6-6.5	Orth.	fracture fragments to sub-rounded grains	granite pegmatite
Bastnaesite	ZrO <sub>2</sub>	5.5-6	6.5	Mono.	rounded "beans"	granitoids
Uraninite	UO <sub>2</sub>	10-Aug	6-May	Cubic	angular grains	granite pegmatite
Thorianite	ThO <sub>2</sub>	9.3	6.5	Cubic	angular grains	granite pegmatite
Pyrochlore	(NaCa) <sub>2</sub> (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (O,OH,F)	4.2-6.4	5-5.5	Cubic	angular grains	alkaline pegmatite
<b>SILICATES, TUNGSTATES AND PHOSPHATES</b>						
Zircon	ZrSiO <sub>4</sub>	4.65-4.7	7.5	Tetrag.	prisms	acid-intermed. Igneous rocks
Garnet	X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3.6-4.3	6.5-7.5	Cubic	rhombic dodecahedra or fractured to rounded	mainly met. Rocks, also some ultramafic rocks
Wolframite	(Fe,Mn)WO <sub>4</sub>	7-7.5	5-5.5	Mono.	submetallic cleavage fragments	S-type (and some I-type) granites
Kyanite	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	3.6-3.7	7-Apr	Tri	prismatic to rounded stumpy grains	reg. high-grade aluminous metasedts.
Tourmaline	Complex silicate	3-3.2	7.5	Trig.	rounded to angular fractures	granites, greisen and granite pegmatites
Monazite	(Ce,La,Y,Th)PO <sub>4</sub>	4.6-5.4	5-5.5	Mono.	mainly ellipsoidal, rounded grains	accessory of some granites and syenites
Xenotime	YPO <sub>4</sub>	4.59	5-Apr	Tetrag.	equant to rectangular flakes	accessory of some granites and syenites
Apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)	3.17-3.23	5	Hex.	mainly ellipsoidal, rounded grains	accessory in most igneous rocks

Tabel 2.5 Daftar beberapa mineral placer umum dalam rangka meningkatkan resistensi terhadap keausan mekanis

Mineral pembentuk batuan dalam batuan silikat seperti granit atau basal, dapat mengandung jejak sejumlah unsur yang bernilai ekonomis. Tentu saja, teknik pengerjaan batuan semacam itu dengan tujuan ekstraksi logam-logam ini biasanya membutuhkan biaya yang mahal. Namun, ada proses alami yang berkonsentrasi pada logam sedemikian rupa sehingga dapat diekstraksi dari produk pelapukan dengan sedikit biaya dan usaha, menjadikan produk pelapukan bijih yang layak. Kami akan menyebutkan beberapa contoh bijih tersebut sekarang.

*Laterite.* Istilah laterit menggambarkan tanah atau jenis lapisan tanah, ditandai dengan warna kemerahan dan pengayaan yang berbeda dalam aluminium dan besi dibandingkan dengan tanah lainnya. Oleh karena itu, laterit tidak secara otomatis merupakan deposit bijih. Tanah ini terbentuk di iklim lembab dan hangat, yaitu di daerah tropis dan subtropis. Tentu saja, bentukan sekarang akibat proses geologi sebelumnya dimana kondisi seperti itu yang disebutkan tadi ada. Profil laterit dapat mencapai ketebalan yang signifikan, terkadang hingga 100 meter atau bahkan lebih.

*Bauksit.* Silikat yang kaya akan aluminium, seperti feldspar atau mineral lempung, juga dapat dipengaruhi oleh cuaca sehingga menghasilkan endapan laterit. Endapan ini berasal dari pendinginan (suhu luar normal), cairan netral, dan oksidasi. Dalam kondisi ini, aluminium dan besi sangat tidak larut tetapi silikon dapat dimobilisasi ke larutan. Oleh karena itu, silikat terurai, asam silikat ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) terbawa dalam air dan sisa produk pelapukan sebagian besar terbuat dari oksida dan hidroksida dari aluminium dan besi. Produk-produk pelapukan semacam itu disebut bauksit dan mineral-mineral khasnya terutama gibbsite,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , boehmite,  $\text{AlOOH}$ , dan goethite,  $\text{FeOOH}$ . Salah satu reaksi khas untuk pembentukan bauksit :



Dalam reaksi ini, mineral lempung dikonversi menjadi aluminium hidroksida dan asam silikat, yang terlarut dalam air. Mineral tanah liat ini dapat berupa mineral pembentuk batuan, misalnya pada marbel lempung, atau mungkin merupakan produk pelapukan sebelumnya dari mineral pembentuk batuan lainnya, misalnya feldspar.

Bauksit membentuk tubuh yang rata yang merupakan bagian dari profil laterit. Dengan kata lain, seluruh profil laterit tidak cukup kaya untuk ditambang sebagai bijih aluminium; hanya sebagian dari profil yang begitu kaya sehingga menarik secara ekonomi. Cakrawala bauksit yang tebal dikembangkan di daerah dengan tektonik stabil dimana proses pelapukan memiliki waktu yang lama untuk beroperasi untuk memisahkan Si dari Al dan Fe.

Bijih bauksit biasanya memiliki tekstur nodular dan pisolitic, tekstur oolitik yang kurang umum. Masif, dan keropos. Untuk berfungsi sebagai bijih, mereka harus mengandung setidaknya 30% berat  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Karena badan bijih terletak sangat dekat dengan permukaan, proses penambangan biasanya sederhana.

**Ni-laterit.** Batuan kaya olivin yang tidak stabil jika terkena atmosfer. Olivin terestrial umumnya memiliki komposisi menghampiri  $(\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{0.1})_2\text{SiO}_4$ , menunjukkan bahwa besi divalen dalam olivin dapat dioksidasi oleh  $\text{O}_2$  di atmosfer menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ . Selain itu, magnesium silikat terhidrasi dari kelompok serpentinit, dengan formula umum  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ . Reaksi dengan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer juga dapat menghasilkan magnesit,  $\text{MgCO}_3$ , setelah pelapukan batuan ultrabasa. Seperti yang Anda ketahui dengan baik, batuan ini disebut serpentinit, dan dapat dibentuk oleh pelapukan atau perubahan tingkat batuan ultrabasa di tingkat atas kerak.

Olivin magmatik mengakumulasi banyak *trace element* yang kompatibel, di antaranya Ni dan Co. Dengan demikian, batuan ultramafik dapat memiliki sekitar 2000 ppm Ni dan 100 ppm Co (dalam komposisi curahnya, tidak hanya dalam olivin). Dengan pelapukan batuan dengan olivin yang diperkaya dengan Ni dan Co, laterit dapat juga diperkaya dalam unsur-unsur ini dan dapat menghasilkan mineral yang dapat ditambang. Seperti endapan Ni-laterit di Kaledonia Baru.

Secara mineral, Ni laterit mengandung Ni-serpentine, (Mg, Ni)  $3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  atau Ni-nontronit, (Ni, Fe)  $2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (mineral nontronit adalah mineral dari kelompok smektit). Dalam beberapa jenis bijih ini, nikel dikaitkan dengan goethite atau mangan oksida. Konsentrasi Ni dalam Ni-laterit dapat mencapai sekitar 2% dan konsentrasi kobalt sekitar 0,1%. Disebabkan pengayaan sepuluh kali lipat dibandingkan dengan batuan magmatik primer.

## **2.6 Pelapukan Fisika**

### **2.2.1 Agen mekanik pelapukan**

Kerusakan awal batuan sumber primer disebabkan oleh berbagai tekanan internal yang menyebabkan pecah selama pendinginan magma beku: tegangan yang mengikuti pelepasan tekanan statis besar ketika strata atasnya terkikis menjauh dan tegangan dipaksakan oleh tremor bumi dan gerakan tektonik lainnya. Tegangan seperti itu menyebabkan batuan permukaan dekat untuk retak dan retak, sehingga memberikan celah bagi agen pelapukan lainnya untuk menembus dan mengekspos permukaan baru untuk menyerang. Kerusakan mekanis yang berkelanjutan di permukaan bumi terutama disebabkan oleh perubahan suhu dan ekstrem. Perubahan suhu dan ekstrem Variasi suhu di permukaan bumi berkisar dari sekitar  $-20\text{ C}$  hingga  $+20\text{ C}$  dan menimbulkan tekanan berulang dari berbagai intensitas. Berbeda 44 Bahan-bahan Penambangan aluvial merespons dengan berbagai cara: batu kristal seperti granit menjadi sasaran yang tidak setara dengan kristal berwarna gelap yang menyerap panas dan mendingin lebih cepat dari pada butiran berwarna terang: kristal dengan ukuran, bentuk dan panas yang berbeda berbagai tekanan yang berusaha untuk memecah batu di sepanjang batas butirnya dan memaksakan strain internal di dalam kristal itu sendiri. Percikan (blok 1960 granit setebal 100 kaki untuk memperluas satu inci dan berkontraksi oleh ion dan kontraksi yang sama karena mengandung pertanda bahwa kenaikan suhu sekitar  $65\text{ }^\circ\text{C}$  akan menyebabkan

pada saat dingin, sehingga menggambarkan besarnya Pasukan yang terlibat fitur dalam menahan gerakan. Scott (1932) menggambarkan 'seluruh gunung yang runtuh menjadi arkose dan pasir di Turkestan seperti itu ditempa oleh matahari dan naungan kering dengan kisaran 80 Fahrenheit dari hari ke malam'.

Namun meskipun ada saran kehancuran luas akibat energi panas saja ada juga banyak bukti yang menunjukkan bahwa ekspansi dan kontraksi sederhana saja hanya menyebabkan pengelupasan dan pemisahan kecil. Forexample Griggs (1936) mendeteksi tidak ada perubahan di dalam batuan yang secara bergantian dan cepat dipanaskan dan didinginkan oleh ledakan udara kering panas dan dingin meskipun tes dilanjutkan melalui kisaran 110 °C untuk beberapa kali yang cukup untuk mewakili perubahan suhu diurnal selama periode 244 tahun. Eksperimen serupa yang menggunakan semburan air panas dan dingin menghasilkan perubahan mekanis yang lumayan setara dengan 21 tahun variasi suhu diurnal. Efek dari suhu yang berfluktuasi dan ekstrem dapat lebih dipahami ketika lebih banyak dipelajari tentang batuan permukaan bulan di mana tidak ada atmosfer dan suhu bervariasi dari lebih dari 100°C hingga kurang dari 160 °C. Berat bukti saat ini adalah menentang konsep penghancuran luas karena perubahan energi panas saja dan menunjuk dengan jelas pada perhatian terhadap air yang terlibat. Di bumi, tidak ada gurun yang benar-benar kering dan keberadaan uap air dalam jumlah kecil sekalipun di atmosfer memastikan beberapa tindakan kimiawi. betapapun kecilnya.

Dalam suhu di bawah nol air, ketika membeku, mengembang dengan volume 92% dan tekanan diberikan yang akhirnya meningkat menjadi hampir 2400 kgm pada 22 °C. Tekanan ini lebih dari kekuatan daya tahan batuan prosesnya terjadi secara bersamaan dan menimbulkan kerusakan mekanis pada segala bagian ditambah pengaruh kelembaban dapat menembus celah-celah atau pori-pori batuan dan menjadi batuan menjadi beku. Embun beku di daerah Arktik paling merusak yang masuk sampai beberapa sentimeter dari atas permukaan material karena di bawah pemukaannya pembekuan hanya terjadi satu kali. Bahkan di daerah beriklim sedang di mana frosting adalah superficial yang masih

memainkan peran penting. Dimulai dari proses rekahan yang berlangsung dengan kecepatan yang dipercepat pula oleh adanya bidang lemah.

Pelapukan fisika atau pelapukan mekanik adalah perubahan fisik tanpa memengaruhi komposisi kimianya, perubahan ukuran pada batuan oleh pengaruh faktor suhu udara, tekanan, dan juga kristalisasi garam. Perubahan cepat dapat disebabkan tanah longsor, gempa bumi, longsor, atau letusan gunung berapi. Ini juga bisa menjadi proses yang lambat seperti erosi atau kerusakan tanah, salju, tumbuhan.

- **Kuantitas Air**

Kuantitas air yang berlebihan memainkan peran penting dalam proses hidrolisis dan oksidasi di dalam batuan. Dalam kondisi sedikit asam, batuan akan menyerap karbon dioksida di atmosfer yang dapat mengaktifkan reaksi kimia garam pada mineral.

- **Hujan asam**

Hujan asam terjadi ketika air hujan dengan bercampur dengan endapan asam di atmosfer. Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, bensin, dan gas melepaskan oksida nitrogen, belerang, dan karbon ke udara yang bereaksi dengan uap air untuk membentuk air hujan yang lebih asam dari biasanya. Hujan asam yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan partikel mineral batuan untuk menghasilkan mineral dan garam baru yang dapat dengan mudah melarutkan atau menghilangkan butiran batuan.

- **Proses Bio-kimia**

Berbagai tumbuhan dan hewan dapat membuat pelapukan kimia dengan melepaskan senyawa asam. Organisme mikroskopis seperti lumut, bakteri, dan alga melepaskan molekul pengoksidasi (asam organik dan proton) dan senyawa pengkhelat (siderophores dan asam organik). Senyawa ini berpotensi memecah mineral besi dan aluminium di bebatuan yang kemudian dilarutkan oleh air, menghasilkan pelapukan kimiawi.

- **Uplifts Rock**

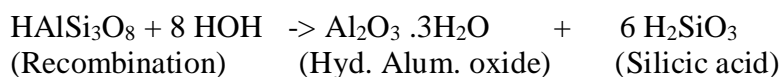
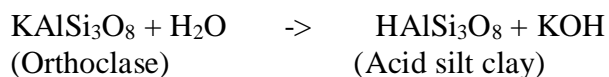
Proses tersingkapnya batuan ke permukaan bumi menyebabkan batuan bersentuhan langsung dengan atmosfer seperti kelembaban dan suhu ekstrem memungkinkan pelapukan kimia.

## 2.4 Tipe Pelapukan Kimia

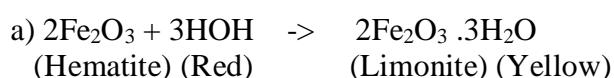
Pelapukan kimia adalah perubahan struktur kimiawi yang ada pada batuan, disebabkan oleh proses kuantitas air, hujan asam dan bio-kimia.

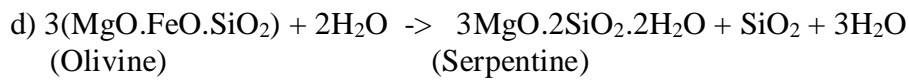
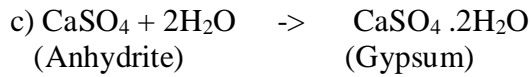
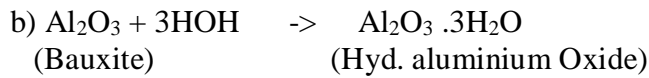
- **Hydrolysis**

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang disebabkan oleh air yang bereaksi dengan batuan akan mengubah ukuran, komposisi kimia mineral, mengurangi daya tahan terhadap pelapukan. Reaksi pada kalsium, kalium, dan ion natrium membentuk mineral lempung.



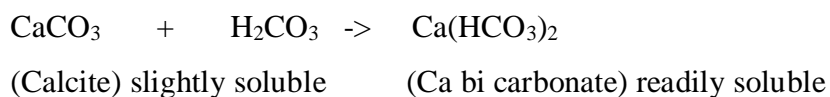
Umumnya proses hidrolisis pada batuan beku berupa penyerapan air (hidrasi) dan pelepasan air (dehidrasi). Hidrasi memperluas volume batuan yang menghasilkan perubahan ukuran, dehidrasi mengurangi volume batuan. Misalnya pembentukan mineral gypsum, aluminium oksida dan pembentukan mineral hematit pada batugamping.





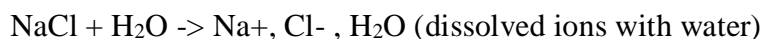
- **Carbonation**

Karbonasi adalah pencampuran air dengan karbon dioksida untuk membentuk asam karbonat. Karbonasi terjadi ketika mineral batuan bereaksi dengan asam karbonat lemah yang terbentuk ketika air bergabung dengan karbon dioksida di atmosfer. Asam karbonat bekerja pada batu dengan memecah dan melarutkan kandungan mineralnya. Bahan terlarut disapu oleh air tanah, dan ion yang larut disimpan dalam persediaan air tanah. Tipe pelapukan ini umumnya terjadi pada batugamping dalam pembentukan gua, dan feldspar.



- **Dissolution**

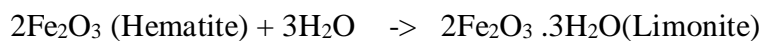
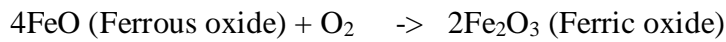
Proses pelindian terjadi ketika senyawa garam dalam batuan bereaksi dengan air hujan. Misalnya pelarutan pada batugamping.



- **Oksidasi**

Proses penambahan dan kombinasi oksigen pada mineral. Penyerapan biasanya dari O<sub>2</sub> terlarut dalam air tanah dan yang ada di atmosfer ;ebih mudah terjadi

pada mineral yang mengandung Fe dan Mg. Ketika mineral pada batuan teroksidasi akan menyebabkan berkurangnya daya tahan terhadap pelapukan. Dicitrakan oleh perubahan warna coklat sebagai disintegrasi batuan oleh oksidasi.



- **Reduksi**

Reduksi terjadi oleh proses pelepasan oksigen dan merupakan kebalikan dari oksidasi dan sama pentingnya dalam mengubah warna tanah menjadi abu-abu, biru atau hijau karena besi besi dikonversi menjadi senyawa besi besi. Di bawah kondisi kelebihan air atau kondisi air kurang oksigen, reduksi terjadi.



## **2.5 Tipe Pelapukan Biologi atau Organik**

Pelapukan biologi merupakan jenis pelapukan batuan yang dilakukan oleh organisme melalui aktivitasnya di sekitar lingkungan singkapan batuan.

Semua tipe hewan dan tumbuhan memiliki pengaruh pada pelapukan batuan insitu maupun yang terkonjungsi dengan proses mekanik dan kimiawi yang telah terjadi, untuk mempercepat ataupun menghambat kehancuran. Sistem akar pada pohon memiliki pengaruh besar pada retaknya batuan pada saat mereka tumbuh dan membesar. Pada kemiringan vegetasi membantu untuk mengikat soil dan menghambat ketika pohon merusak bebatuan. Meskipun telah tersedia pengukurnan untuk menghambat erosi dari angin dan air yang mengalir, tumbuhan juga mengirimkan asam organik yang merusak soil. Jumlah soil yang banyak akan terbawa pada permukaan untuk membuka bagian bawah lebih besar untuk meningkatkan aerasi dan persolasi pada air bawah tanah. Pada

contohnya Williams (1968) menyelidiki pada Brocks Creek Area Australia Selatan hampir 0.48 m sari bumi pertahun setiap hektar telah terinfestasi. Aktivitas biologi juga diketahui terjadi pada kerusakan laur dimana organisme bentonik pada laut dangkal memiliki sifat yang sama pada laut dalam.

## **2.6 Faktor Pengontrol Pelapukan**

- **Waktu**

Lamanya periode pelapukan tergantung pada jenis pelapukan, kurangnya gangguan perubahan iklim, pergerakan kerak bumi, dan kedalaman batuan yang mengalami pelapukan.

- **Jenis dan struktur batuan**

Jenis Batuan menentukan ketahanan terhadap proses pelapukan dimana setiap jenis batuan terdiri dari sekumpulan mineral tertentu, yang disatukan bersama oleh kristalisasi, ikatan kimia, atau penyemenan.

Batuan yang memiliki intensitas kekar cukup tinggi membentuk bidang lemah yang memudahkan infiltrasi air.

- **Topografi**

Bentuk topografi menentukan energi air yang melewati massa batuan. Umumnya, topografi yang lebih tinggi dengan lereng yang curam memiliki sistem pelapukan yang lebih dinamis dibanding pada topografi datar memiliki sistem pelapukan yang lebih lambat.

## **Erosi**

Erosi yang dimaksud adalah proses alami pergerakan material lapuk menjauh dari batuan sumber. Dinamisme dan efisiensi erosi menentukan seberapa cepat setiap material yang mengalami pelapukan lepas dari batuan dimulai dari Proses

yang terjadi pada mineral-mineral dalam batuan mengalami pelarutan kimiawi dan mineral yang paling tidak stabil adalah mineral olivine (Tabel 2.3).

Tabel 2.5 Urutan umum peningkatan resistensi terhadap mineral placer umum

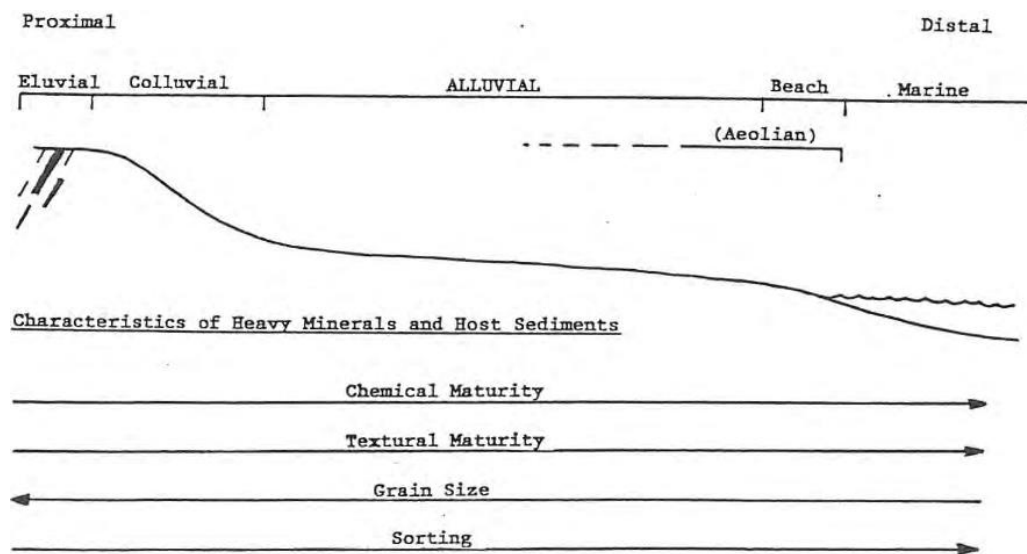
Mineral ekonomis	Mineral tidak ekonomis
Wolframite	Pyrite
Cassiterite	Fluorite
Columbite	Enstatite
Tantalite	Augite
Gold	Aptite
Monazite	Olivine
Kyanite	Hornblende
Haematite	Garnet
Zircon	Staurolite
Rutile	Tourmaline
Ilmenite	Quartz
Diamonds (gem quality)	

## BAB 3 TIPE ENDAPAN PLASER

### 4.1 Klasifikasi

Endapan plaser adalah akumulasi alami dari mineral berat dalam sedimen seperti aliran atau pasir pantai dan kerikil sungai. Endapan plaser terbentuk melalui kombinasi proses yang (1) memisahkan mineral berat dari batuan sumbernya, (2) mengangkutnya sebagai sedimen, dan (3) mengonsentrasikannya ketika diendapkan. Secara umum klasifikasi menggunakan mineral bijih sebagai syarat dalam mendeskripsi lingkungan pembentukan. Misalnya emas endapan plaser alluvial, endapan mineral berat endapan pantai- Ini sudah menggunakan deskripsi pembentukan.

Vlasov (1968) dan Kartashov (1971) mengembangkan konsep klasifikasi dimana dasar klasifikasinya adalah jarak dari sumber. Oleh karena itu, plaser dapat dikelompokkan sebagai dekat sumber, aluvial atau laut. Lebih sederhana mereka kelompokkan sebagai "autochthonous" (mis. proksimal ke sumber) atau "allochthonous" (contohnya : distal) (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Penampang sebaran mineral berat

Klasifikasi ini merupakan pengembangan dari klasifikasi yang dibuat oleh Emery and Noakes (1968) yang membagi mineral placer menjadi mineral berat "berat" (emas, timah, platinum) dan mineral ringan "ringan" (ilmenite, rutile, zircon dan monasit), kecuali mineral intan karena memiliki daya tahan ekstrem dan nilai ekonomi yang membedakan dengan kedua mineral tersebut. Klasifikasi yang dibuat memang menyiratkan pembuktian bahwa mineral berat lebih banyak terdapat di bagian proksimal (atau "autochthonous") plaser. Namun klasifikasi ini melemah, karena kenyataannya pada endapan plaser pantai dimungkinkan lebih banyak dijumpai mineral ringan dan dari tonasenya dapat ditambang.

Karena endapan plaser lebih banyak pada kecenderungan untuk ditambang, Macdonald (1983) berusaha menyajikan skema yang cocok untuk eksplorasi dan penambangan, namun tidak cocok untuk klasifikasi ahli geologi (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Lingkungan pembentukan endapan plaser

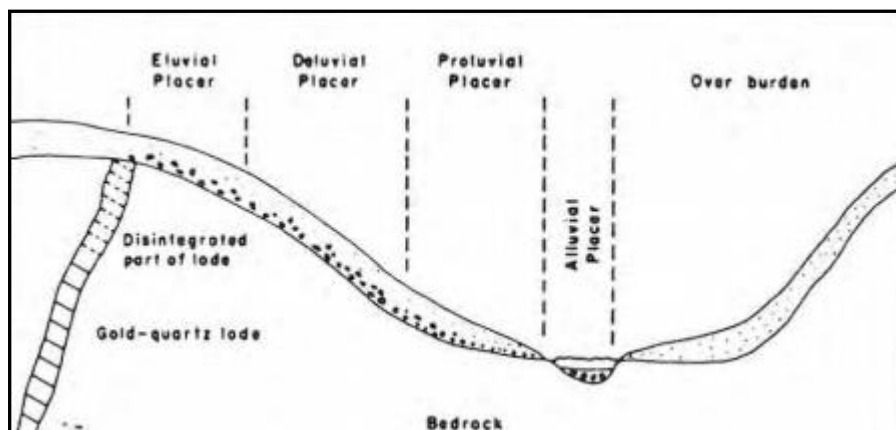
Environment	Sub environment	Main products	Environmental process elements	Exploration techniques	Mining methods
Continental	Eluvial	Au, Pt, Sn, WO <sub>3</sub> , Ta, Nb, gem stones (all varieties)	Percolating waters, chemical and biological reactions, heat, wind and rain	Soil sampling, shallow pitting, churn drilling	Open cast, hydraulic sluicing, hand mining
	Colluvial	Au, Pt, Sn, WO <sub>3</sub> , Ta, Nb, gem stones (all varieties)	Surface creep, wind, rainwash, elutriation. Frost	Stream and soil sampling, shallow pitting and trenching	Hydraulic sluicing bulldozer and loader—hand mining
	Fluvial	Au, Pt, Sn, rarely Ta, Nb, diamonds and corundums	Flowing streams of water	Stream sampling, geophysics, pitting, churn auger and pit-digging drills, Banks Drills	Bucket dredging in active beds, bucket dredging, hydraulic sluicing and dozer-loader operations in old stream beds
	Desert	Au, Pt, Sn, WO <sub>3</sub> , Ta, Nb, gem stones (all varieties)	Wind with minor stream flow. Heat and frost	Shallow pitting, churn and pit digging drills, geophysics	Various earth-moving combinations
	Glacial	Au (rarely)	Moving streams of ice and melt waters	Stream sampling and pitting	Hydraulic sluicing
Transitional	Strandline	Ti, Zr, Fe, ReO, Au, Pt, Sn	Waves, currents, wind, tides	Hand augering and sludging, sample splitting allowable	Suction cutter dredging, bulldozer and loaders, bucket-wheel dredging
	Coastal Aeolean	Ti, Zr, Fe, ReO	Wind and rain splash	Power augers (hollow), sample splitting allowable	Suction cutter dredging, bulldozers and buried loaders
	Deltaic	Ti, Zr, Fe, ReO	Waves, currents, wind, tides and channel flow	Hand augering and sludging, sample splitting allowable	Specially designed shallow depth dredges having great mobility
Marine	Drowned placers	Au, Pt, Sn, diamonds, minor Ti, Zr, Fe, ReO industrial sand and gravel	Eustatic, isostatic and tectonic movements—net rise in sea level	Geophysics (seismic refraction and reflection) bottom sampling, remote sensing, hammer, jet, vibro and banks drills, positioning	Bucket line dredging, jetting, clamshell, rarely suction-cutter dredging

Emas plaser adalah endapan mineral permukaan yang dibentuk oleh konsentrasi mineral secara mekanik dari batuan sumber melalui fragmentasi, gravitasi, air, es, dan angin. Diklasifikasikan berdasarkan sumber atau lokasi. Hails (1976) mengklasifikasikan berdasarkan letak genesisnya, yaitu :

- 1) eluvial (slope)
- 2) alluvial (stream) which includes river-terraces
- 3) marine (off-shore)
- 4) beach;
- 5) residual
- 6) fossil.

Boyle (1979) membagi dalam dua kelompok utama (Gambar 4.2), yaitu :

1. Plaser eluvial dan residual dicirikan oleh terbentuknya konsentrasi emas secara in situ atau langsung di sekitar emas primer
2. Plaser alluvial, Plaser Pantai, Plaser eolian dicirikan oleh konsentrasi emas melalui agen transportasi dan masih dalam jarak dekat dengan sumber primer



Gambar 4.2 Penampang endapan emas-quartz vein yang suplainya berasal dari alluvial dan eluvial (Boyle, (1979).

Kazakevitch (1972) membagi klasifikasi endapan plaser berdasarkan genesanya, yaitu :

- 1) Eluvial :
  - a. Zones of weathering of gold-quartz deposits
  - b. Zones of oxidation of auriferous sulphide deposits
  
- 2) Slope :
  - a. Solifluction and landslide placers
  - b. Solifluction and deluvial placers
  - c. Deluvial and landslide placers
  
- 3) Watercourse :
  - a. Alluvial placers
  - b. Proluvial placers
  - c. Lacustrine placers
  
  
- 4) Glacial
  - a. Placers of main and lateral moraines
  - b. Placers related to interglacial and glacial streams and other water courses of glacial origin
  
- 5) Eolian : Placers in eolian sands
  
  
- 6) Marine
  - a. Beach placers
  - b. Placers on underwater slopes
  - c. Placers in near shore still water (swamps, lagoons, coves)

Plaser merupakan hasil erosi dari logam primer yang kemudian diendapkan di lembah, sungai, dan pantai di dalam sedimen Kuartar. Yang mana pembentukan logam plaser dimulai dari proses pelapukan batuan yang mengandung logam primer, kemudian tererosi, terangkut oleh air, dan terakumulasi pada tempat-tempat yang lebih rendah dari batuan induknya.

Logam primer terdapat didalam batuan yang keras seperti batuan beku, metamorf, maupun batuan sedimen. Sedang logam plaser terdapat didalam sedimen lepas yang belum kompak (Kuartar).

Butiran logam yang terdapat pada sedimen itu mudah untuk digali/ditambang, sehingga biaya eksploitasinya jauh lebih murah dibandingkan dengan eksploitasi logam primer yang terdapat didalam batuan keras, yang prosesnya harus dihancurkan dulu.

Umumnya klasifikasi tentang endapan plaser yang dibuat oleh para ahli mengacu pada kondisi iklimnya, hal ini menandakan bahwa tipe endapan plaser cukup banyak. Hanya yang sangat perlu dijadikan bahan pertimbangan dalam menukan tipe tertentu bahwa banyak data yang mendukung. Klasifikasi umum yang berlaku di berbagai iklim dan digunakan dalam kegiatan eksplorasi endapan plaser, sebagai berikut :

1. Residual Placer
2. Eluvial Placer
3. Alluvial Placer
4. Beach Placer
5. Aeolian Placer
6. Fossil Placer

Klasifikasi diatas merupakan penyederhanaan dari klasifikasi yang oleh Brooks (1913) dan Jenkins (1946) berdasarkan pada kondisi geologi dan morfologi letakan mineral dan iklim. Klasifikasi ini cukup detail namun beberapa diantaranya mungkin belum diterapkan di negara beriklim tropis, misalnya tipe *desert placer* atau *glacial placer*. Tipe endapan plaser menurut Brooks (1913) dan Jenkins (1946), sebagai berikut :

- 1 Residual placers.
2. Eluvial placers.
3. Stream placers.
4. Bench placers.
5. Flood gold deposits.
6. Desert placers.
7. Tertiary gravels.

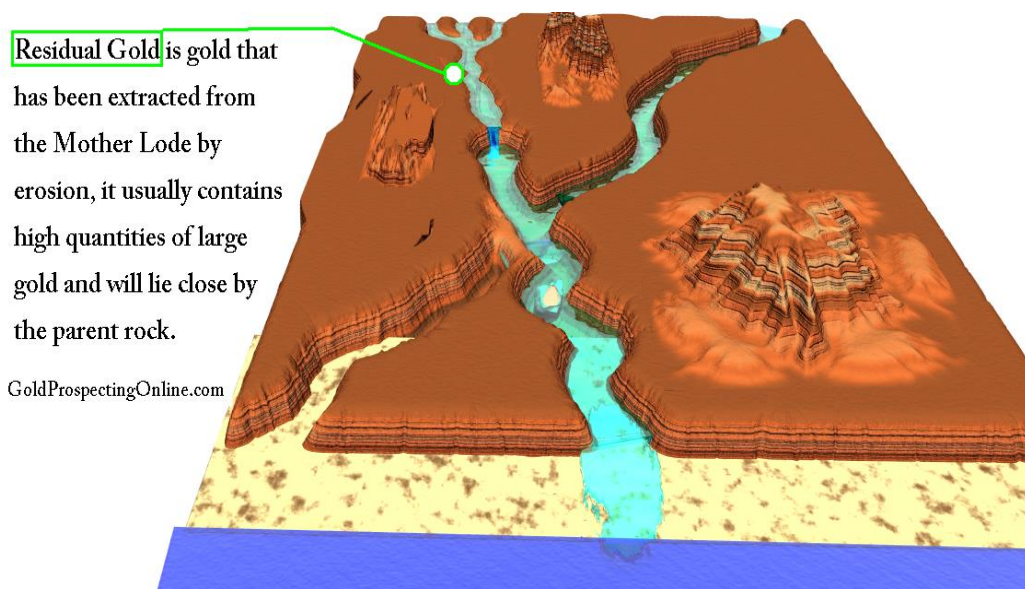
## 8. Miscellaneous types.

- a) beach placers.
- b) glacial deposits.
- c) eolian placers.

### 4.2 Residual Placer

Endapan plaser residual adalah konsentrasi emas atau mineral berat yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan sumber dan letaknya diatas atau dekat dengan titik pelepasan dari batuan sumber (Gambar 4.1).

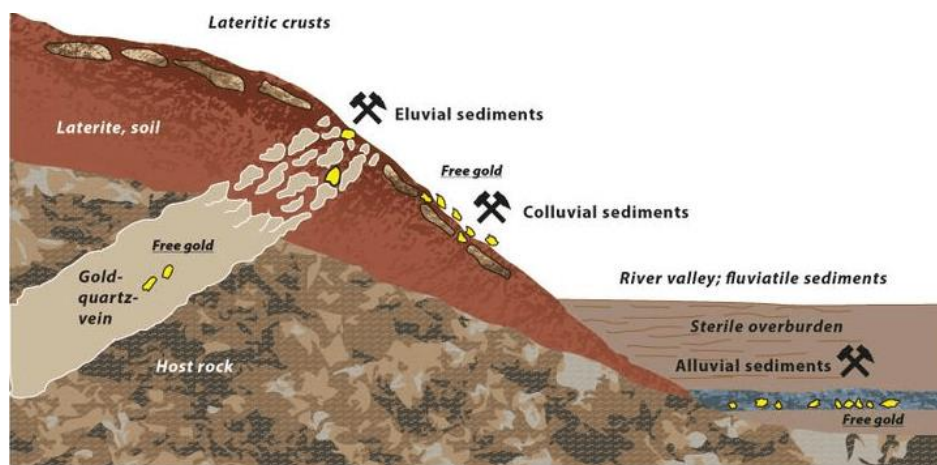
Dalam jenis plaser ini mineral berat lebih terkonsentrasi karena belum mengalami transportasi namun mineral ringan seperti feldspar, silika atau struktur kimianya kurang padat (solid) akan lepas. Pelepasan mineral ringan dapat dipengaruhi oleh proses kimia yang melarutkan mineral, cuaca, angin, proses kimia atau gerakan lereng. Akibatnya konsentrasi mineral berat cenderung tinggi, strukturnya relatif utuh, dijumpai mengisi rongga pelepasan mineral ringan, rongga batuan dan relatif kecil sebarannya.



Gambar 4.1 Penampang endapan plaser residu

## 4.2 Eluvial Placer

Endapan placer eluvial adalah endapan yang terbentuk pada lereng di bawah sumber batuan mineralisasi (Gambar 4.2). Sifat kelereng akan mempengaruhi permukaan yang lapuk sehingga terjadi gerakan secara bertahap pada mineral berat yang bergerak lebih lambat dan terkonsentrasi ke bawah batuan dibanding mineral ringan. Dalam kondisi tersebut mineral berat bergerak mengikuti alur aliran air yang terbentuk dari hampasan air hujan yang lambat laun bergerak mengikuti alur yang lebih besar. Karenanya endapan plaser eluvial dapat menyatu dengan endapan plaser aluvial, namun masih bisa dibedakan karena struktur mineral berat endapan eluvial umumnya tidak mengalami perubahan. Contoh endapan eluvial : Round Mountain, Nevada.



Credit: Dr. Ing. Michael Priester, Director Mining Department at Projekt-Consult GmbH, Germany

Found on [minelab.com](http://minelab.com)

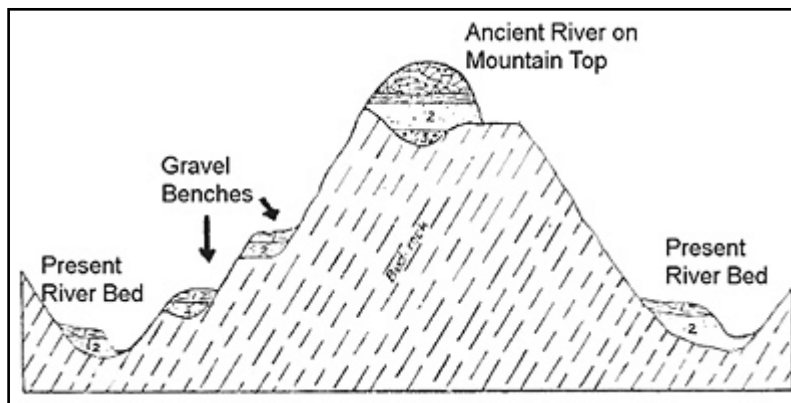
Gambar 4.2 Penampang endapan plaser eluvial

### 4.3 Stream Placer

Stream placers adalah tipe endapan plaser yang mineral beratnya dari berbagai sumber batuan yang berbeda umur dalam satu topografi miring (Gambar 4.3). Endapan ini tidak terlalu dikenal karena hanya pada kondisi geologi tertentu dan umumnya digunakan di Benua Eropa dan China.

Terbagi atas beberapa tipe, yaitu :

- a. Gulch placers.
- b. Creek placers.
- c. River deposits.
- d. Gravel-plain deposits.



Gambar 4.3. Penampang Stream Placer

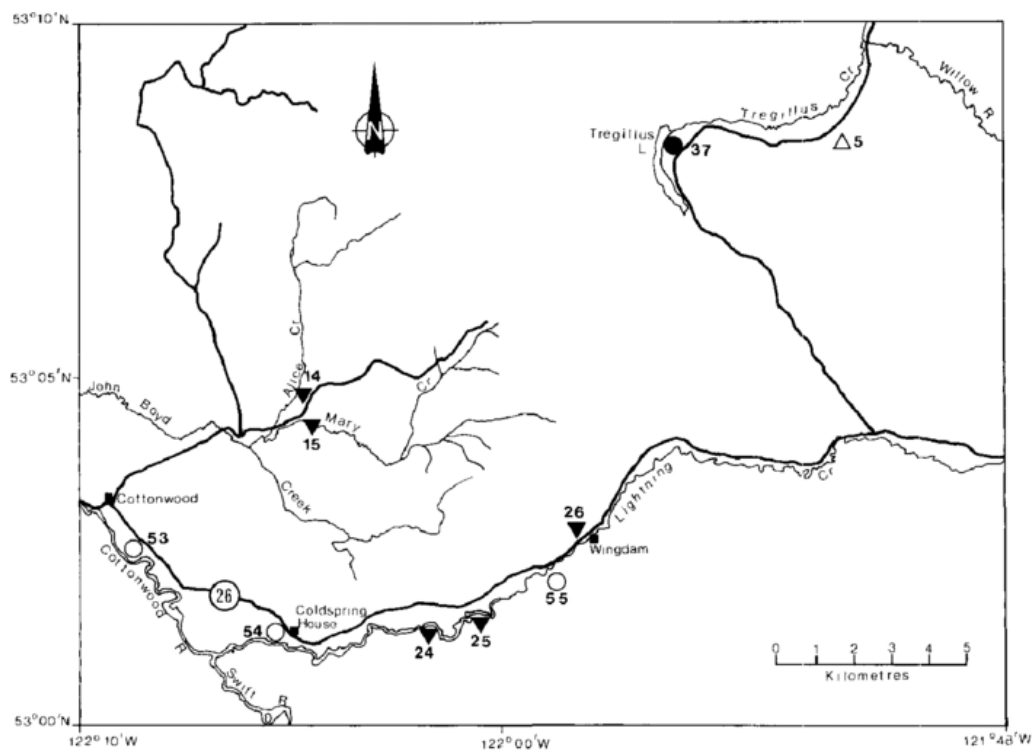
#### a. Gulch placers

Gulch Placer adalah endapan plaser yang terbentuk antara bidang curam dari suatu kelerengan. Umumnya dijumpai bercampur dengan material kerikil dan detritus pada alur kecil dari suatu bidang lereng. Sebarannya terbatas dalam

bentuk alur yang terpisah dan setempat, umumnya sebarannya dibatasi oleh ganjalan material berukuran besar pada suatu alur.

### b. Creek placers

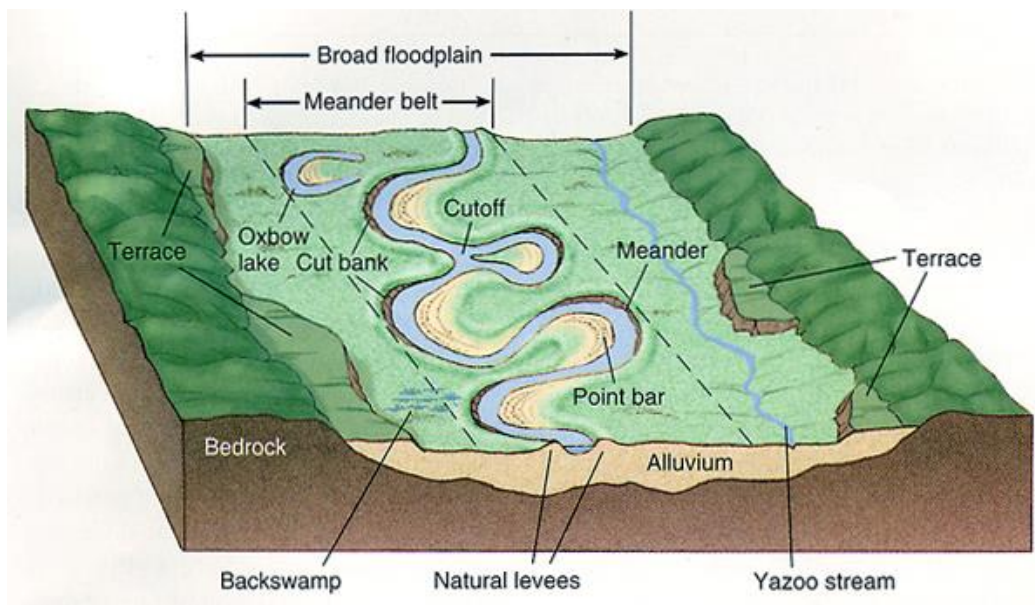
Creek adalah aliran air alami berdimensi kecil dan airnya mengalir ke anak sungai. Endapan plaser creek biasanya sebagai sona tangkapan mineral berat dari tipe endapan Gulch Placer (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Topografi endapan Creek Placer

### c. River deposits.

River deposit merupakan bagian dari creek deposit, sebagai endapan sungai umumnya ciri mineral beratnya berukuran lebih halus, berasosiasi dengan kerikil (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Endapan rivers Placer

### d. Gravel-plain deposits

Endapan gravel-plain agak sulit didefinisikan karena keterdapatannya pada dataran banjir yang sangat dipengaruhi oleh volume air sungai. Karena masih terletak dalam satu sistem aliran sungai dengan tipe endapan creek dan endapan gulch. Oleh karena itu digunakan sifat fisik lapangan dengan ciri sebagai berikut : menentukan endapan sungai lapisan paling bawah bahkan pada endapan delta, bentuk lembah melebar dan gradien sungainya kecil. Ciri lainnya

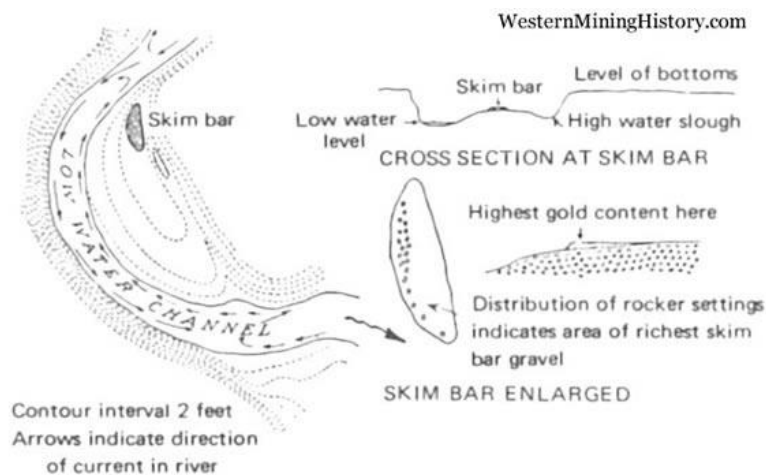
bahwa umumnya mineral berat yang dijumpai berukuran lebih kecil dibanding ukuran mineral emas pada sungai utama.

#### 4. BENCH PLACERS

Bench placers adalah endapan yang terbentuk dari sisa-sisa endapan purba. Biasanya dicirikan oleh bentuk awal dari morfologi sungai, batasan tepian sungai yang menggambarkan volume air pada masa lampau.

#### 5. FLOOD GOLD DEPOSITS

Defenisi sederhana *Flood gold deposit* adalah keterdapatannya serpihan emas pada dataran banjir (Gambar 4,6). Dicirikan oleh serpihan emas berukuran lebih besar yang terperangkap dalam rongga material kerikil. Para eksplorasi menyebut tipe ini sebagai tipe banjir emas dikarenakan serpihan emas terperangkap pada saat surut volume air sungai dan keterdapatannya lebih melimpah dibanding tipe *rivers* maupun tipe *gravel*.



Gambar 4.6 Penampang Endapan Flood Gold Placer

## 6. DESERT PLACERS

Tipe desert placer adalah pengendapan mineral berat pada kondisi gurun. Merupakan klasifikasi khusus karena hanya terdapat pada beberapa negara, morfologinya tersusun atas detritus kasar, pasir, kerikil (Gambar 4.7). Di bawah morfologi gurun terdapat batuan sebagai sumber mineralisasi. Sebagai daerah gersang, ketika terjadi badai, hujan lebat dimana proses erosi dan transportasi terjadi pada mineral berat dan terendapkan pada sisi perbukitan atau sungai *intermittent*. Selanjutnya pada musim kering proses pencucian berlanjut dalam memisahkan mineral berat dan mineral ringan. Perubahan musim kering dan badai hujan merupakan proses efektif yang menyortir konsentrasi emas yang juga erdapat diatas batuan mineralisasi



Gambar 4.7 Galian Desert Gold Placer di Mojave Desert region of California

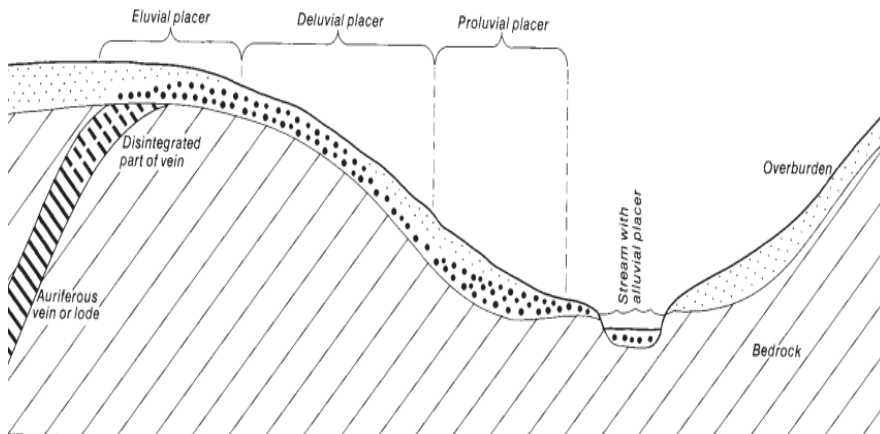
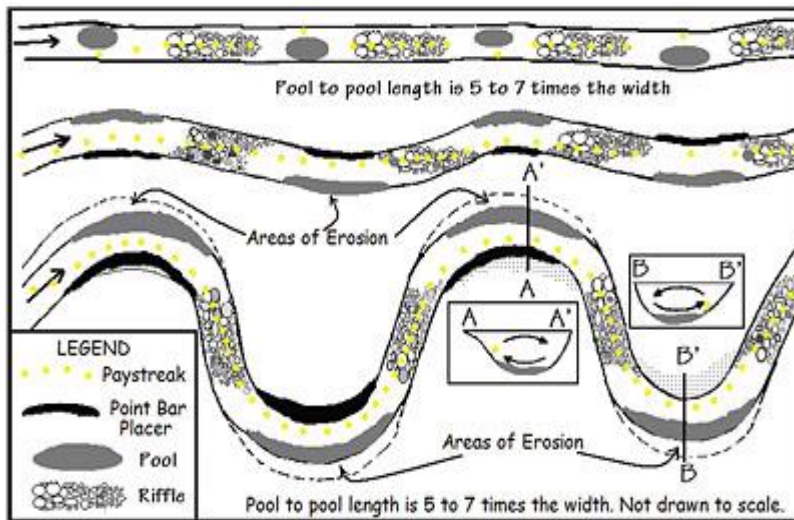
## **7. TERTIARY GRAVELS**

Endapan tertiary gravels termasuk endapan khusus yang merupakan endapan pada aliran sungai berumur tersier (gambar 4.8), mineral emas dijumpai pada batuan kerikil. Contohnya endapan sungai purba di Wilayah California barat laut ,Sierra Nevada, Timurlaut Oregon dan Pusat Idaho.

### **4.3 Aluvial Placer**

Endapan placer aluvial adalah endapan yang terbentuk dalam aliran sedimen (alluvium). Arus aliran akan mengangkut fragmen batuan dan butiran mineral yang lebih sedikit lebih mudah disbanding yang lebih padat. Selama banjir, mineral-mineral berat menjadi tertinggal dan terkonsentrasi di sepanjang aliran sungai bagian bawah ketika endapan yang kurang padat terhanyutkan. Boyle (1979) menyebut endapan pacer alluvial sebagai tipe endapan palaeoplacers atau "fosil" placers.

Prosesnya mineral berat terkonsentrasi di pasir yang lebih dalam dan kerikil dekat dengan batuan dasar di bawahnya dan pada celah-celah dan rongga batuan. Fraksi mineral berat dalam endapan ini berukuran lebih kecil daripada fraksi mineral ringan dengan dua alasan : (1) mineral berat pada batuan sumber (beku dan malihan) terbentuk dalam ukuran lebih kecil daripada mineral utama pembentuk batuan (2)pemilahan dan susunan endapan sedimen dikontrol oleh berat jenis dan ukuran partikel. Yang menarik pada konsentrasi yang berbeda - *paystreak* – selain pasir dan kerikil pada lapisan bawahnya kemungkinan dijumpai berbagai jenis mineral berat.



Gambar 4.8 Penampang endapan plaser aluvial

#### 4.4 Beach Plaser

Proses yang mengarah pada pembentukan endapan placer pantai umumnya dimulai di daratan dan berakhir di pantai, dimulai dengan pelapukan dan erosi batuan sumber, diikuti oleh pengangkutan sedimen oleh aliran dan sungai ke pantai, dan akhirnya pengendapan sedimen dalam suatu berbagai lingkungan pesisir (Gambar 4.9).

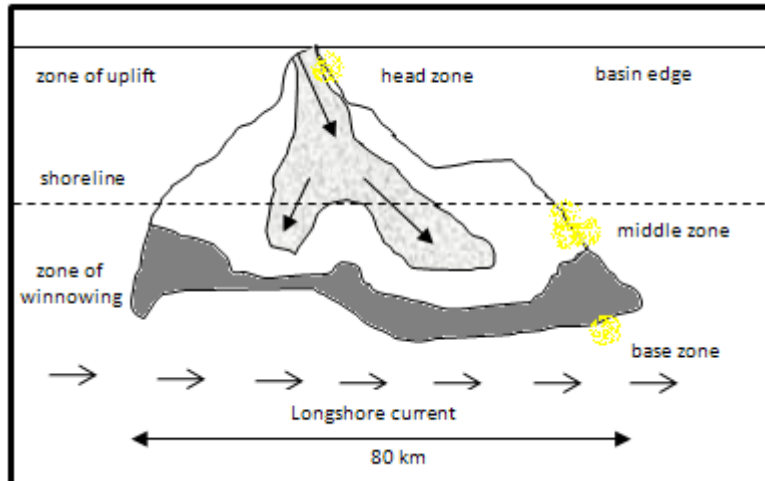
**Beach Plaser** terbentuk sepanjang garis pantai oleh pemusatan gelombang dan arus air laut di sepanjang pantai.

Sifat energi gelombang pantai secara langsung mengikis batuan di sekitar pantai, melemparkan partikel-partikel pembentuk cebakan ke pantai dimana air yang kembali membawa bahan-bahan ringan untuk dipisahkan dari mineral berat. Dan hasil pengikisan diendapkan bercampur bersama mineral berat hasil suplai daratan. Bertambah besar dan berat partikel akan diendapkan/terkonsentrasi di pantai, kemudian terakumulasi sebagai batas yang jelas dan membentuk lapisan. Disini memerlukan perhatian khusus terhadap material pantai dalam menentukan sumber mineralisasi.

Perlapisan menunjukkan urutan terbalik dari ukurandan berat partikel, dimana lapisan dasar berukuran halus dan/ atau kaya akan mineral berat dan ke bagian atas berangsur menjadi lebih kasar dan/atau sedikit mengandung mineral berat. Placer pantai (*beach placer*) terjadi pada kondisi topografi berbeda yang disebabkan oleh perubahan muka air laut, dimana zona optimum pemisahan mineral berat berada pada zona pasang-surut dari suatu pantai terbuka. Konsentrasi partikel mineral/bijih juga dimungkinkan pada *terrace* hasil bentukan gelombang laut. Mineral-mineral terpenting yang dikandung jenis cebakan ini adalah : magnetit, ilmenit, emas, kasiterit, intan, monazit, rutil, xenotim dan zirkon.

Gejala lainnya pada endapan pantai adalah adanya pasir hitam pelapis pantai yang dapat diperkirakan sebagian besar terdiri dari magnetit dan ilmenit, kadang juga kromit ditemukan pesisir pantai. Kontrol geologi regional juga perlu

mendapat perhatian indikasi terbentuknya lapisan pantai purba yang luasnya sampai beberapa ratus meter ke daratan.



Gambar 4.9 Penampang endapan plaser pantai

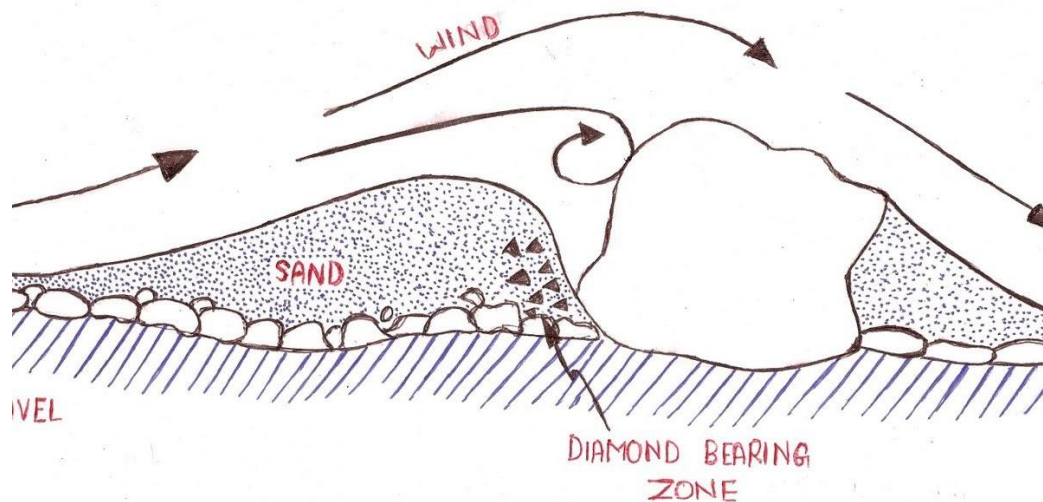
#### 4.5 MISCELLANEOUS TYPES

Ada jenis lain dari placers emas yang kurang dipublikasikan yang tidak penting secara ekonomi saat ini, tetapi yang mungkin mencapai kepentingan di masa mendatang.

##### 4.5.1 Aelion Placer

Di daerah gurun yang disusun oleh pasir, kenampakan morfologinya dibentuk oleh angin. Aktifitas angin dapat bertindak sebagai agen konsentrasi dengan meniup pasir dan partikel-partikel batu yang lebih ringan dan bernilai ekonomis rendah akan menjauh dari sumber, serta meninggalkan lapisan permukaan yang diperkaya oleh kandungan emas atau mineral berat lainnya. Selanjutnya lebih memudahkan mineral berat terkonsentrasi. Mekanisme transportasi oleh angin pada dasarnya sama dengan transportasi oleh air. Secara umum partikel halus

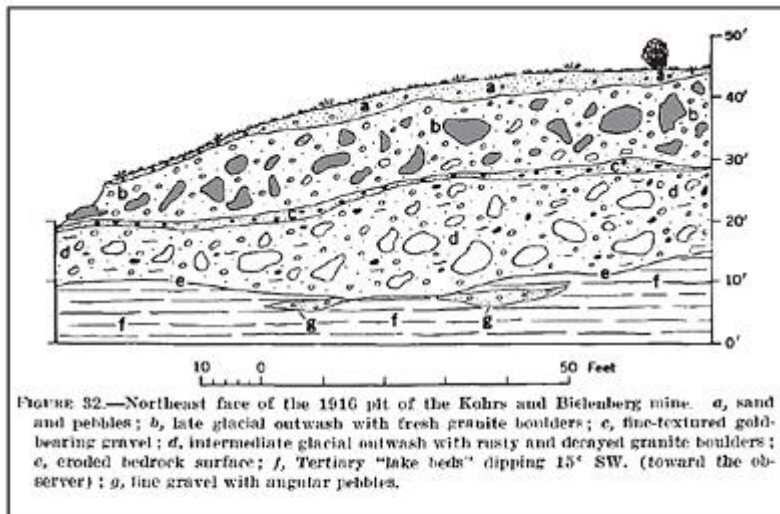
(debu) dibawa secara melayang dan yang berukuran pasir dibawa secara menggeser di permukaan (*traction*). Pengangkutan secara *traction* ini meliputi meloncat (*saltation*) dan menggelinding (*rolling*) (Gambar 4.10). Pengendapan oleh angin, Jika kekuatan angin yang membawa material berkurang atau jika turun hujan, maka material-material (pasir dan debu) tersebut akan diendapkan.



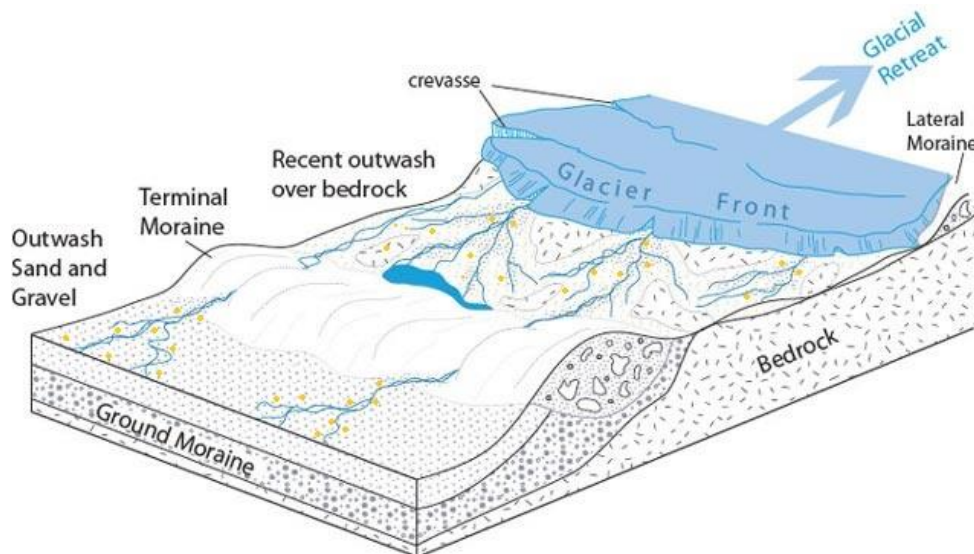
Gambar 4.10 Penampang endapan plaser aeolian

#### 4.5.2 Glassial Placer

Endapan Glassial Placer (endapan gletser) mulanya ditemukan di Alaska dan Yukon kemudian diterapkan di Sierra Nevada. Gletser sifatnya mengikis batuan mineralisasi namun tidak menyortir fragmen batuan yang mengandung emas. Peranan gletser ada dua, sebagai media transportasi dan mengalirkan kembali material lapuk ke dalam batuan (Gambar 4.11). Sebagai media transportasi gletser memindahkan material lapuk dan ketika mencair mengendapkannya pada alur sungai. Ini merupakan salah satu kegagalan eksplorasi emas plaser yang dilakukan tracing sungai pada morfologi gletser dan alas an perlunya tipe glassial placer.



*This diagram depicts the multiple layers of glacial gravels in the Pioneer gold district of Montana. Surface sand (a), younger glacial gravel (b), and a concentrated gold-rich layer (c) produced by the winnowing of the glacier gravel. (Courtesy USGS Bulletin 978-C.)*



Gambar 4.11 Penampang endapan glacial placer

## **BAB 4**

### **MINERAL PLASER**

#### **4.1 Fraksi Mineral Berat**

Terbentuknya perbedaan ukuran butir mineral berat disebabkan oleh proses kimia dan proses mekanik dalam kondisi pelapukan dan transportasi. Beberapa ciri fisik fraksi yang dihasilkan oleh kedua proses yang menjadi peryaratan mineral berat (Tabel 4.1), yaitu :

1. Memiliki densitas lebih berat dari pada densitas (berat jenis) silika, kuarsa ( $2,56 \text{ g/cm}^3$ ). Angka densitas ini dianggap minimum dari range lebih besar dari densitas bernilai  $3 \text{ g/cm}^3$ . Namun ada pengecualian pada mineral iridium yang memiliki densitas  $21,1 \text{ g/cm}^3$ .
2. Semua fraksi mineral berat memiliki daya tahan yang maksimum dan minimum terhadap pelapukan, dan mineral yang memenuhi range daya tahan tersebut adalah kelompok oksida.
3. Memiliki daya tahan terhadap proses abrasi, transportasi dan terkonsentrasi. Daya tahan yang dimaksud adalah kriteria kompleks yang dipengaruhi oleh variable-variabel, seperti kekerasan, kerapuhan, sistem Kristal (kekuatan struktur Kristal dan orientasi ikatan Kristal). Misalnya mineral diopsid yang memiliki daya tahan yang baik namun memiliki belahan sehingga secara mekanis mudah rusak. Sebagian besar daya tahan mineral data diketahui dari nilai kekerasan lebih besar dari 5, berstruktur kubik. Ada pengecualian pada mineral emas yang memiliki kekerasan rendah namun strukturnya tidak rusak oleh proses transportasi.

#### **4.2 Mineral Endapan Plaser sebagai endapan ekonomis**

Sebagai endapan sekunder, menimbulkan pertanyaan mengapa memiliki nilai ekonomis, alasannya yaitu :

Pertama, bahwa banyak endapan placers bernilai ekonomis terbentuk dalam sedimen fluvial, dan kedua, mineral berat dapat bertindak sebagai pedoman mendapatkan endapan mineral tipe primer atau endapan sekunder lainnya. Misalnya endapan emas dan endapan timah.

Konsentrasi Paleoplacer dari detrital mineral berat yang mengandung unsur-unsur seperti Au, PGE (Platinum Group Elements) , Sn, W, REE, Ti, Zr, Cr, Th, U, dan Fe adalah umum dalam endapan fluvial yang bersumber dari batuan sedimen klastik litoral menjadi metamorfosis dalam semua fase umur geologi.

Istilah endapan plaser paleoplacers, terbentuk oleh aliran air maupun udara yang memisahkan fraksi berat dan fraksi ringan, berukuran besar maupun kecil, mineral dan batuan membentuk lensa atau lapisan yang mengandung mineral berat dalam formasi sedimen klastik. Istilah ini umumnya diterapkan hanya pada akumulasi mineral berat yang terkenal diperkaya pada komoditas tertentu (misalnya paleoplacer emas) dan menimbulkan indikasi adanya sumber awal yang mengandung sumber mineral primer khusus dari komoditas ini selain sumber mineral berat yang lebih umum.

Contoh klasifikasi empiris endapan plaser paleoplaser dari mineral piritik disebabkan oleh mineral bijih terkonsentrasi dalam hubungan dengan mineral detrital berat dalam batuan klastik metasedimen yang kaya mineral kuarsa terendapkan dalam kondisi energi tinggi.

Tabel 4.1 Daftar mineral dalam fraksi sistem endapan plaser (Macdonald,1983; Dana,1932; Battey,1981)

MINERAL	COMPOSITION	RELATIVE DENSITY	HARDNESS	CRYSTAL SYSTEM	DETRITAL SHAPE	SOURCE
<b>NATIVE ELEMENTS</b>						
Gold	Au	15.0-19.3	2.5-3	cubic	round or flat grains, rods or flakes	hypo-, meso- and epithermal veins
Platinum	Pt	14.0-19.0	4-4.5	cubic	angular grains and flakes	mafites/ultramafites
Other P.G.M.	Pd,Ir,Os	12.0-21.1	4.5-7	cubic	angular grains	mafites/ultramafites
Diamond	C	3.5	10	cubic	mostly octahedra	cratonic kimberlite/lamproite
<b>OXIDES AND HYDROXIDES</b>						
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5.18	5.5-6.5	cubic	octahedra - well-rounded equant grains	mafic igneous rocks
Chromite	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4.3-4.6	5-6	cubic	octahedra - well-rounded equant grains	mafites/ultramafites
Other Spinels	XY <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3.6-4.6	7.5-4.6	cubic	octahedra - well-rounded equant grains	ig. rocks and aluminous metasedts.
Cassiterite	SnO <sub>2</sub>	6.8-7.1	6-7	Tetrag.	prismatic xtals, angular - rounded grains	S-type granites
Rutile	TiO <sub>2</sub>	4.18-4.25	6-6.7	Tetrag.	prismatic xtals, angular - rounded grains	plutonic ig., met. and sedt. rocks
Ilmenite	FeTiO <sub>3</sub>	4.5-5	5-6	Hex.	sub-rounded - rounded equant grains	mafites/ultramafites
Leucocoxene	alteration after ilm.	3.5-4.5	variable	Amorphous	rounded - angular irregular coated grains	sedimentary rocks
Corundum	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.95-4.15	9	Hex.	ang. - rounded irregular fragments	syenite, feldsp.pegmat.,met.shale and lst.
Tant.- Columbite	(Fe,Mn)(Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	5.2-7.95	6-6.5	Orth.	fracture fragments to sub-rounded grains	granite pegmatite
Baddeleyite	ZrO <sub>2</sub>	5.5-6	6.5	Mono.	rounded "beans"	granitoids
Uraninite	UO <sub>2</sub>	8-10	5-6	cubic	angular grains	granite pegmatite
Thorianite	ThO <sub>2</sub>	9.3	6.5	cubic	angular grains	granite pegmatite
Pyrochlore	(NaCa) <sub>2</sub> (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (O,OH,F)	4.2-6.4	5-5.5	cubic	angular grains	alkaline pegmatites
<b>SILICATES, TUNGSTATES AND PHOSPHATES</b>						
Zircon	ZrSiO <sub>4</sub>	4.65-4.7	7.5	Tetrag.	prisms	acid - intermed. igneous rocks
Garnet	X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3.6-4.3	6.5-7.5	cubic	rhombic dodecahedra or fractured to rounded	mainly met. rocks, also some ultramafic rocks
Wolframite	(Fe,Mn)WO <sub>4</sub>	7-7.5	5-5.5	Mono.	submetallic cleavage fragments	S-type (and some I-type) granites
Kyanite	Al <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	3.6-3.7	4-7	Tri	prismatic to rounded stumpy grains	reg. high-grade aluminous metasedts.
Tourmaline	complex silicate	3-3.2	7.5	Trig.	rounded to angular fractures	granites, greisen and granite pegmatites
Monazite	(Ce,La,Y,Th)PO <sub>4</sub>	4.6-5.4	5-5.5	Mono.	mainly ellipsoidal, rounded grains	accessory of some granites and syenites
Xenotime	YPO <sub>4</sub>	4.59	4-5	Tetrag.	equant to rectangular flakes	accessory of some granites and syenites
Apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)	3.17-3.23	5	Hex.	mainly ellipsoidal, rounded grains	accessory in most igneous rocks

### 4.3 Mineral Berat dan Mineral Ringan

Kandungan endapan plaser terdiri dari mineral ringan dan mineral berat. Sedangkan mineral berat didefinisikan sebagai mineral yang memiliki kepadatan lebih tinggi dari kuarsa, mineral tanah pembentuk batuan yang paling umum dengan berat jenis 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Atau berat jenis lebih besar dari 2,58 g/cm<sup>3</sup>; atau berat jenis 2,8 g/cm<sup>3</sup> sampai 3,9 g/cm<sup>3</sup>. Berat jenis ini akan berbeda dari hasil pengukuran yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan larutan bromoform atau tetrabromometana. Perbedaan mineral berat dapat dilihat dari hasil larutan tersebut, yaitu mineral yang tenggelam dalam larutan ini termasuk mineral berat. Larutan bromoform menghasilkan nilai berat jenis mineral berat antara 2,84 g/cm<sup>3</sup> sampai 2,89 g/cm<sup>3</sup> dan dengan tetrabromometana menghasilkan 2,94 g/cm<sup>3</sup>.

Dalam praktiknya, hanya mineral yang lebih berat daripada media padat yang paling umum digunakan di laboratorium - bromoform (2,84-2,89 g / cm<sup>3</sup>) atau tetrabromometana (2,94 g / cm<sup>3</sup>) - yaitu yang tenggelam dalam media ini, termasuk dalam kelompok mineral berat.

Mineral berat (heavy mineral) merupakan mineral yang memiliki berat jenis lebih besar dari 2,58. that is greater than 2.9 g/cm<sup>3</sup> (Wikipedia dic); 2,8 or 3.0 g/cm<sup>3</sup> (merriem Webster dic).

Kehadiran mineral berat dan mineral ringan sebagai asosiasi dalam lapisan sedimen dan endapan plaser memungkinkan bahwa tidak hanya meneukan jenis mineral dan batan sumber tetapi juga memprediksi mineral mana yang akan ditemukan. Dengan cara paragenesis maka mineral dalam endapan plaser bisa pula untuk memprediksi mineral endapan primer. Pada tabel 4.2 menunjukkan mineral asesoris yang berhubungan dengan endapan plaser.

Tbel 4.2 Mineral asesoris dan bijih

Group	Ore minerals	Gauge minerals	Country rocks	Remarks
-------	--------------	----------------	---------------	---------

1	Platinum, iridium, osmiridium, palladium.	Magnetite, chromite, picotite, olivine, pleonaste, serpentine.	Peridotite, basic gabbro, dunite, serpentine rocks.	Presence of ultrabasic rocks may be an indicator.
2	Gold.	Pyrite, pyrrhotite, galena, chalcopyrite, concentrates rich in magnetite. Minerals of group 1.	Quartz vein, associated with various igneous rocks. Conglomerates, granites (seldom).	
3	Cassiterite, wolframite, tantalite.	Tourmaline, topaz, fluorite, monazite, scheelite, molybdenite, lepidolite.	Veins and ores, pegmatites, granites.	Abundance of topaz, lepidolite, or mica without fluorite is an indicator.
4	Diamonds.	Ilmenite, serpentine, magnetite, chromite, picotite, pyrope, garnet, olivine.	Basic igneous rocks, as peridotite; conglomerate (seldom).	
5	Corundum, ruby, sapphire.	Amethyst, topaz, beryl, chrysoberyl, garnet, spinel, rutile.	Crystalline dolomite, metamorphosed limestone, pegmatite, syenite.	
6	Monazite.	Ilmenite, zircon. Minerals of group 5.	Pegmatite, gneiss, schists.	

Mineral ringan adalah mineral yang memiliki berat jenis lebih kecil dari mineral berat, misalnya mika, dolomit, feldspar, aragonite, dolomit, anhidrit, magnesit dan kuarsa.

## B. Mineral Berat

Mineral berat (Jerman: Schwerminerale, Spanyol: minerales pesados, Perancis: minéraux lourdes) ada di semua sedimen dan batuan sedimen. Endapan ini hanya terbentuk ketika ada pengayaan yang sangat besar dari mineral berat. Konsentrasi *mineable* yang relatif berat atau mineral keras yang menumpuk akibat proses fisik disebut placer (s) atau endapan placer. Karena banyak mineral berat yang tidak jelas berwarna gelap dalam sedimen ketika konsentrasi

mencapai maksimum, istilah pasir hitam atau pasir mineral atau minsands singkatan telah didirikan berdasarkan literatur Australia.

Dari sekian banyak jenis mineral berat, hanya sedikit yang memilikinya signifikansi ekonomi karena sifat-sifatnya dan prevalensi. Ini disebut mineral berat yang berharga, disingkat VHM (valuable heavy minerals), Dalam pustaka bahasa Inggris juga menggunakan istilah mineral berat disebut konsentrat mineral berat, disingkat HMC (heavy mineral concentrate), dan total mineral berat, disingkat THM (Total Heavy Minerals). Untuk total mineral berat dalam endapan yang bercampur dengan mineral non ekonomis tidak dapat digunakan istilah tersebut.

Sejauh ini perbedaan mineral berat dibuat berdasarkan berat jenis, yang bisa digunakan secara ekonomis :

- Mineral berat dengan berat jenis  $6.8-21 \text{ g/cm}^3$   
Contoh : utamanya emas, platinum, cassiterite
- Mineral ringan dengan berat jenis  $4.2-6.7 \text{ g/cm}^3$   
Contoh : utamanya ilmenite, rutile, zircon, monazite, magnetite, chromite),
- Gemstones dengan berat jenis  $2.9-4.1 \text{ g/cm}^3$   
(mainly diamond).

Namun, para produsen menggunakan klasifikasi yang berbeda, yang juga berdasarkan berat jenis :

:• mineral berat - ringan (sebagian besar tidak dapat dieksploitasi) dengan berat jenis  $<3.7 \text{ g/cm}^3$

Contoh : sillimanite, epidote, hornblende, andalusite, tourmaline, kyanite )

- Mineral berat (sebagian besar dapat dieksploitasi dengan berat jenis  $>3.7 \text{ g/cm}^3$

Contoh : ilmenite, leucoxene, garnet, rutile, zircon, monazite, xenotime .

Mineral berat yang mengalami pengkayaan dalam endapan plaser dan dapat dieksploitas secara komersial.

Contoh : Ilmenite dan hasil pelapukannya mineral leucoxene,

Rutile anatase,

Zircon

Monazite dan xenotime,

Staurolite,

Kelompok MineralAluminum silika minerals, Contohnya : kyanite,

andalusite and sillimanite,

Kelompok Mineral Garnet,

Magnetite,

Chromite,  
Cassiterite,  
Tantalite-columbite,  
Wolframite dan scheelite

Precious metals, contohnya emas dan platinum,  
Gemstones contohnya Intan, ruby and sapphire,

Mineral Berat: Mineral berukuran pasir mengandung kelompok mineral dengan berat jenis tinggi. Dan termasuk nilai ekonomis mineral yang cukup penting seperti titanium, zirconium dan tanah jarang. Mineral-mineral ini muncul dalam konsentrasi yang sangat rendah di berbagai batuan beku dan metamorf, tetapi secara kimia dan fisik tahan terhadap pelapukan, dan memiliki gravitasi spesifik yang relatif tinggi.

Beberapa mineral berat untuk kepentingan komersialisasi adalah Titanium Minerals (rutile and Ilmenite) , leucoxene , monazite and zircon (Tabel 4.3).

#### **Titanium Minerals: (Rutile, Ilmenite and Leucoxene)**

- **Rutile ( $\text{TiO}_2$ )** adalah titanium dioksida yang berwarna merah sampai hitam, terbentuk secara alami dengan kandungan  $\text{TiO}_2$  teoretis 100%, tetapi pengotor seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  mengurangi ini menjadi 93-95%.
- **Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ )** berwarna hitam dan buram ketika segar, tetapi biasanya telah mengalami pelapukan cuaca dan besi, sehingga kandungan  $\text{TiO}_2$  adalah antara 45 dan 65%. Leucoxene adalah ilmenite yang sangat diubah. Butir berwarna coklat atau abu-abu dengan kilau lilin dan kadar  $\text{TiO}_2$  68%.
- **Zircon ( $\text{ZrSiO}_4$ )**, Zirkonium silikat, seringkali dengan beberapa hafnium (1 hingga 4%) dan kadang-kadang dengan uranium, thorium, dan itrium. Ini dapat mengandung hingga 20 persen hafnium dalam strukturnya

- Monazite (Ce, La, Nd, Y, Th) PO<sub>4</sub> berwarna coklat kemerahan, mineral fosfat yang mengandung logam tanah jarang. Monasit bersifat radioaktif karena keberadaan thorium dan, lebih jarang, uranium.

Tabel 4.3. Deskripsi Mineral berat

Mineral	Density	Stability in weathering	Stability in diagenesis	Provenance
Anatase	3.82...3.97	High	High	Felsic igneous rocks, hydrothermal veins, alteration product of titanite or ilmenite.
Andalusite	3.13...3.16	High	Low	Metamorphic rocks.
Amphibole	3.02...3.50	Low	Low	Igneous and metamorphic rocks.
Apatite	3.10...3.35	Low	High	Igneous and metamorphic rocks.
Cassiterite	6.98...7.07	High		Felsic plutonic rocks, hydrothermal deposits.
Chloritoid	3.51...3.80	Moderate	Moderate	Metamorphic rocks.
Chromite	4.43...5.09		High	Mafic and ultramafic igneous rocks.
Clinopyroxene	2.96...3.52	Low	Low	Igneous and metamorphic rocks.
Corundum	3.98...4.02			Silica-poor igneous rocks, pelitic metamorphic rocks, hornfels, metamorphosed carbonates, mafic igneous rocks.
Epidote	3.12...3.52	Low	Low	Mostly metamorphic rocks, less in igneous rocks.
Garnet	3.59...4.32	Moderate	Moderate	Mostly metamorphic but igneous also.
Ilmenite	4.70...4.79			Igneous and metamorphic rocks, sometimes hydrothermal veins.
Kyanite	3.53...3.65	High	Moderate	Metamorphic rocks, rarely in igneous rocks.
Magnetite	5.17...5.20		High	Igneous and metamorphic rocks, hydrothermal veins.
Monazite	5.00...5.30	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Olivine	3.22...4.39	Low	Low	Mostly mafic and ultramafic igneous rocks, some metamorphic rocks also.
Orthopyroxene	3.21...3.96	Low	Low	Mafic and ultramafic igneous rocks, high grade metamorphic rocks.
Pumpellyite	3.18...3.23			Metamorphic rocks.
Rutile	4.23...5.50	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Sillimanite	3.23...3.27	High	Low	Metamorphic rocks, sometimes granite.
Staurolite	3.74...3.83	High	Moderate	Metamorphic rocks.
Titanite	3.45...3.55	Moderate	Moderate	Igneous and metamorphic rocks.
Topaz	3.49...3.57			Felsic igneous rocks, metamorphic rocks.
Tourmaline	3.03...3.10	High	High	Granitic pegmatites, some metamorphic rocks.

Xenotime	4.25...5.10	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Zircon	4.60...4.70	High	High	Igneous and metamorphic rocks.

Mineral	Density	Stability in weathering	Stability in diagenesis	Provenance
Anatase	3.82...3.97	High	High	Felsic igneous rocks, hydrothermal veins, alteration product of titanite or ilmenite.
Andalusite	3.13...3.16	High	Low	Metamorphic rocks.
Amphibole	3.02...3.50	Low	Low	Igneous and metamorphic rocks.
Apatite	3.10...3.35	Low	High	Igneous and metamorphic rocks.
Cassiterite	6.98...7.07	High		Felsic plutonic rocks, hydrothermal deposits.
Chloritoid	3.51...3.80	Moderate	Moderate	Metamorphic rocks.
Chromite	4.43...5.09		High	Mafic and ultramafic igneous rocks.
Clinopyroxene	2.96...3.52	Low	Low	Igneous and metamorphic rocks.
Corundum	3.98...4.02			Silica-poor igneous rocks, pelitic metamorphic rocks, hornfels, metamorphosed carbonates, mafic igneous rocks.
Epidote	3.12...3.52	Low	Low	Mostly metamorphic rocks, less in igneous rocks.
Garnet	3.59...4.32	Moderate	Moderate	Mostly metamorphic but igneous also.
Ilmenite	4.70...4.79			Igneous and metamorphic rocks, sometimes hydrothermal veins.
Kyanite	3.53...3.65	High	Moderate	Metamorphic rocks, rarely in igneous rocks.
Magnetite	5.17...5.20		High	Igneous and metamorphic rocks, hydrothermal veins.
Monazite	5.00...5.30	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Olivine	3.22...4.39	Low	Low	Mostly mafic and ultramafic igneous rocks, some metamorphic rocks also.
Orthopyroxene	3.21...3.96	Low	Low	Mafic and ultramafic igneous rocks, high grade metamorphic rocks.
Pumpellyite	3.18...3.23			Metamorphic rocks.
Rutile	4.23...5.50	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Sillimanite	3.23...3.27	High	Low	Metamorphic rocks, sometimes granite.
Staurolite	3.74...3.83	High	Moderate	Metamorphic rocks.
Titanite	3.45...3.55	Moderate	Moderate	Igneous and metamorphic rocks.
Topaz	3.49...3.57			Felsic igneous rocks, metamorphic rocks.
Tourmaline	3.03...3.10	High	High	Granitic pegmatites, some metamorphic rocks.
Xenotime	4.25...5.10	High	High	Igneous and metamorphic rocks.
Zircon	4.60...4.70	High	High	Igneous and metamorphic rocks.

#### 4.4 Sumber Mineral Bijih

Pembentukan endapan placers dihasilkan dari pelapukan batuan mineralisasi yang mengandung mineral emas cukup tinggi dan terkonsentrasi secara bertahap sesuai daya tahan sebelum pengendapan dan cukup dekat dengan sumber mineralisasi (Henley dan Adams, 1979; Sutherland, 1985; Force, 1991) (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Deskripsi Mineral bijih

Group	Ore minerals	Gangue minerals	Country rocks	Remarks
1	Platinum, iridium, osmiridium, palladium.	Magnetite, chromite, picotite, olivine, pleonaste, serpentine.	Peridotite, basic gabbro, dunite, serpentine rocks.	Presence of ultrabasic rocks may be an indicator
2	Gold.	Pyrite, pyrrhotite, galena, chalcopyrite, concentrates rich in magnetite. Minerals of group 1.	Quartz veins, associated with various igneous rocks. Conglomerates, granite (seldom).	
3	Cassiterite, wolframite, tantalite.	Tourmaline, topaz, fluorite, monazite, scheelite, molybdenite, ilmenite, magnetite, lepidolite.	Veins and ores, pegmatites, granites.	Abundance of topaz, lepidolite, or mica with or without fluorite is an indicator
4	Diamonds.	Ilmenite, serpentine, magnetite, chromite, picotite, pyrope, garnet, olivine.	Basic igneous rocks, as peridotite; conglomerate (seldom).	
5	Corundum, ruby, sapphire.	Amethyst, topaz, beryl, chrysoberyl, garnet, spinel,	Crystalline dolomite, metamorphosed limestone, pegmatite, syenite.	

6	Monazite.	rutile. Ilmenite, zircon. Minerals of group 5.	Pegmatite, gneiss, granite.	
7	Emerald, chrysoberyl, alexandrite, garnets.	Tourmaline, lepidolite, topaz, pyrite, spinel, amethyst. Minerals of group 4 and 6.	Granite, pegmatite, limestone, gneiss, schist.	

Group	Ore minerals	Gangue minerals	Country rocks	Remarks
1	Platinum, iridium, osmiridium, palladium.	Magnetite, chromite, picotite, olivine, pleonaste, serpentine.	Peridotite, basic gabbro, dunite, serpentine rocks.	Presence of ultrabasic rocks may be an indicator
2	Gold.	Pyrite, pyrrhotite, galena, chalcopyrite, concentrates rich in magnetite. Minerals of group 1.	Quartz veins, associated with various igneous rocks. Conglomerates, granite (seldom).	
3	Cassiterite, wolframite, tantalite.	Tourmaline, topaz, fluorite, monazite, scheelite, molybdenite, ilmenite, magnetite, lepidolite.	Veins and ores, pegmatites, granites.	Abundance of topaz, lepidolite, or mica with or without fluorite is an indicator
4	Diamonds.	Ilmenite, serpentine, magnetite, chromite, pyrope, garnet, olivine.	Basic igneous rocks, as peridotite; conglomerate (seldom).	
5	Corundum,	Amethyst,	Crystalline	

	ruby, sapphire.	topaz, beryl, chrysoberyl, garnet, spinel, rutile.	dolomite, metamorphosed limestone, pegmatite, syenite.	
6	Monazite.	Ilmenite, zircon. Minerals of group 5.	Pegmatite, gneiss, granite.	
7	Emerald, chrysoberyl, alexandrite, garnets.	Tourmaline, lepidolite, topaz, pyrite, spinel, amethyst. Minerals of group 4 and 6.	Granite, pegmatite, limestone, gneiss, schist.	

Hubungan daya tahan dan jarak dan konsentrasi kadang menimbulkan masalah, karena konsentrasi emas dalam endapan biasanya tidak sesuai dengan potensi batuan mineralisasi. (Herail et al., 1989; Pearson et al., 1991; Loen, 1992). Masalah ini dianggap sebagai masalah keseimbangan massa oleh sebab itu Parker (1974); Boyle (1979); Robb dan Meyer (1990) dan Loen (1992) telah memberikan solusi yang mungkin untuk masalah daerah sumber menggunakan persamaan keseimbangan massa, sebagai berikut :

$$P = (D \times A_d \times C \times T \times R) / 100 \times E, (1)$$

Dimana :

P = total mass of heavy mineral in placer deposit (t),

D = mean density of source rocks (t/m<sup>3</sup>),

A<sub>d</sub> = drainage basin area (km<sup>2</sup>)

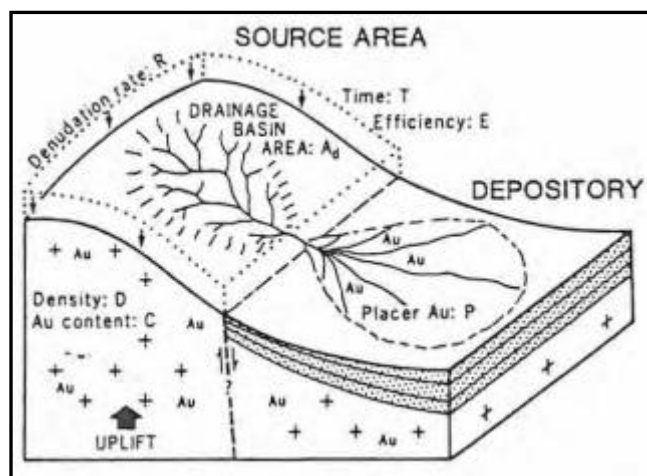
C = mean abundance of heavy mineral or element in source rocks (ppb)

R = mean denudation rate (cm/ka) ,

T = time constraint on erosion of source rocks (Ma) ,

E = efficiency of weathering and concentration processes (%).

Persamaan keseimbangan massa Loen (Gambar 4.1) didasarkan pada asumsi bahwa massa mineral tertentu (variabel P) yang terakumulasi dalam placer yang dibatasi oleh massa mineral itu, yang dapat dikurangi dari nilai massa kerak bumi tertentu (mengandung kelimpahan rata-rata C) dimana proses pelapukan terurai untuk interval waktu tertentu (variabel T).



Gambar 4.1 Penampang sungai formasi endapan plaser, konsentrasi Au pada faktor geomorfologi dan sona patahan (Loen, 1992)

Masalah umum yang dihadapi dalam eksplorasi endapan plaser adalah bahwa batuan sumber yang dianggap sebagai postulasi logam tampaknya mengandung emas yang tidak mencukupi konsentrasi. Ini merupakan kendala untuk memperhitungkan jumlah emas yang diperoleh dari endapan sedimen yang terkait dan (Parker, 1974; Boyle, 1979; Robb dan Meyer, 1990; Loen, 1992). Loen, (1992) telah mempertimbangkan kendala keseimbangan massa pada placers emas dan telah memberikan solusi yang mungkin untuk masalah daerah sumber menggunakan persamaan keseimbangan massa berikut:

## **4.5 Deskripsi Mineral Berat**

### **1. Cassiterite**

Komposisi Kimia :  $\text{SnO}_2$

Kegunaan : dijumpai sebagai mayor ore (bijih) pada timah

### **2. Chromite**

Komposisi Kimia :  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , Iron Chromium Oxide.

Kegunaan : Dijumpai sebagai Mayor ore (bijih) pada kromium, sebagai komponen refractory, sebagai bahan celupan dan sebagai mineral spasemen (conto mineral)

### **3. Columbite**

Komposisi Kimia :  $(\text{Fe, Mn, Mg})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ , Besi Mangan Magnesium Niobium Tantalum Oxida.

Kegunaan : Sebagai mayor ore (bijih) pada niobium dan tantalum dan sebagai mineral spasemen (conto mineral), untuk meningkatkan ketahanan di dalam logam.

### **4. Tembaga (Copper)**

Komposisi Kimia : Cu, Elemental Copper

Kegunaan : Sebagai Minor ore (bijih) pada copper, sebagai batu hiasan

### **5. Garnet**

Komposisi kimia :  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ , Calcium Chromium Silicate

Kegunaan : Batu perhiasan atau Gemstones dan sebagai spasemen mineral

### **6. Emas (Gold)**

Komposisi Kimia : Au, Elemental gold

Kegunaan : sebagai mineral spasemen, sebagai mayor mineral pada emas, sebagai bahan perhiasan dan koleksi

### **7. Ilmenit**

Komposisi Kimia :  $\text{FeTiO}_3$ , Iron Titanium Oxide

Kegunaan : Sebagai mayor ore (bijih) pada titanium, sebagai spasemen mineral

### **Beberapa mineral anggota dari Ilmenit grup**

- **Ecandrewsite** (*Zinc Iron Manganese Titanium Oxide*)
- **Geikielite** (*Magnesium Titanium Oxide*)
- **Ilmenite** (*Iron Titanium Oxide*)
- **Pyrophanite** (*Manganese Titanium Oxide*)

### **8. Magnetit**

**Komposisi Kimia** :  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Iron Oxide

- **Kegunaan** : Sebagai mayor ore (bijih) pada besi dan sebagai spasemen mineral

### **9. Monazite**

**Komposisi Kimia** :  $(\text{Ce, La, Th, Nd, Y})\text{PO}_4$ , Cerium Lanthanum Thorium Neodymium Yttrium Phosphate.

- **Kegunaan** : Sebagai bijih (ore) pada mineral logam khususnya thorium, cerium dan lanthanum, radiokatif dan sebagai spasemen mineral.

### **10. Platina**

**Komposisi Kimia** : Pt, Elemental Platinum

- **Kegunaan** : Sebagai Mayor ore (bijih) pada platinum, logam platinum digunakan sebagai permata pada industri kimia.

### **11. Rubi**

**Karakteristik** :

**Merupakan variety (macam) dari korundum**

- **Variasi dari** : Corundum ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  .
- **Kegunaan** : Gemstone.

### **12. Rutile**

**Komposisi Kimia** :  $\text{TiO}_2$ , Titanium Oxide

- **Kegunaan** : Ore dari Titanium

### **13. Safir (Sapphire)**

**Karakteristik** :

**Merupakan variety (macam) dari korundum**

**Variasi dari** : Corundum ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  .

- **Kegunaan** : Gemstone.

#### 14. Xenotime

**Komposisi Kimia** :  $\text{YPO}_4$ , Yttrium Phosphate

- **Kegunaan** : Sebagai spasemen mineral dan Source dari yttrium

#### 15. Zircon.

**Komposisi Kimia** :  $\text{ZrSiO}_4$ , Zirconium Silicate

- **Kegunaan** : Batu perhiasan (gemstone) dan spasemen mineral.

Daftar mineral berat yang memiliki berat jenis lebih besar dari lima ( $>5$ ), sebagai berikut :

- Titanium
- Vanadium
- Chromium
- Manganese
- Iron
- Cobalt
- Nickel
- Copper
- Zinc
- Gallium
- Germanium
- Arsenic
- Zirconium
- Niobium
- Molybdenum
- Technetium
- Ruthenium
- Rhodium
- Palladium
- Silver

- Cadmium
- Indium
- Tin
- Tellurium
- Lutetium
- Hafnium
- Tantalum
- Tungsten
- Rhenium
- Osmium
- Iridium
- Platinum
- Gold
- Mercury
- Thallium
- Lead
- Bismuth
- Polonium
- Astatine
- Lanthanum
- Cerium
- Praseodymium
- Neodymium
- Promethium
- Samarium
- Europium
- Gadolinium
- Terbium
- Dysprosium
- Holmium
- Erbium

- Thulium
- Ytterbium
- Actinium
- Thorium
- Protactinium
- Uranium
- Neptunium
- Plutonium
- Americium
- Curium
- Berkelium
- Californium
- Einsteinium
- Fermium
- Nobelium
- Radium
- Lawrencium
- Rutherfordium
- Dubnium
- Seaborgium
- Bohrium
- Hassium
- Meitnerium
- Darmstadtium
- Roentgenium
- Copernicium
- Elements 113-118

Daftar mineral berat diatas mencakup unsur-unsur alami dan sintesis, unsur-unsur berat tetapi diperlukan untuk nutrisi hewan dan tumbuhan.

## **BAB 5**

### **METODE EKSPLORASI**

#### **5.1 Eksplorasi**

Sejarah eksplorasi endapan plaser membuktikan bahwa mineral berharga yang dihasilkan merupakan sumber penting komoditas industri bagi negara. Bila dilihat catatan negara-negara barat utamanya Amerika Utara dan pantai Pasifik Alaska yang kekayaannya berasal dari butiran emas plaser. Dulunya emas plaser dikenal sebagai emas fosil aluvial yang saat itu sebagai sumber dari setengah pendapatan komoditas ekspor Republik Afrika Selatan, sementara itu juga terdapat mineral intan aluvial yang sangat penting bagi beberapa negara di Afrika tengah dan barat. Ada juga endapan plaser timah yang merupakan ekspor penting bagi Negara Malaysia dan Thailand.

Mengapa eksplorasi endapan plaser lebih maju di negara-negara Eropa ? ada beberapa alasan dapat dikemukakan bisa jadi karena tingkat kesulitan keterdapatannya endapan plaser cukup tinggi utamanya faktor geologi umur lapisan batuan sangat tua dan iklim dari letak geografisnya. Kegiatan eksplorasi dimulai sejak tahun 1950-an, yang dilakukan kerjasama instansi pemerintah dan industri dalam menerapkan berbagai metode geofisika dan geokimia. Dengan alasan letak geografis memang cukup berbeda untuk melakukan kegiatan eksplorasi di negara-negara tropis, juga karena umur geologi batumannya relatif muda dan letak lapisan endapannya cukup tipis untuk diprediksi.

Memasuki era teknologi metode eksplorasi endapan plaser telah berkembang menjadi metode eksplorasi modern, salah satunya teknologi baru pencitraan tomografi yang dikembangkan tahun 1990-an. Tetapi ini tidak menghilangkan metode geofisika, metode pemboran dan metode geokimia karena kedua metode ini dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas eksplorasi.

Para explorer modern memiliki mengandalkan kemampuan pengetahuan dan teknologi, istilahnya disebut kemampuan “ujung jari”, suatu istilah digunakan karena mengandalkan jari menekan tombol instrument eksplorasi. Teknologi dilibatkan karena sangat membantu dan meningkat dalam pencarian endapan plaser, misalnya saja yang dulunya lokasi eksplorasi

dianggap tidak prospek. Namun dengan menggunakan teknologi lokasi tersebut menjadi prospek dan sesuai waktu perencanaan.

Oleh karena itu, tahapan metode eksplorasi yang mulanya hanya mengandalkan pemetaan permukaan bertambah dengan banyaknya prosedur untuk mewujudkan parameter geologi sebagai profil utama pada semua eksplorasi placer. Kontribusi prosedur tambahan menjadi penting utamanya dalam bidang-bidang lain seperti geofisika dan oseanografi, terutama berdasarkan alasan geomorfologi dan kondisi geologi sedimen pada endapan plaser pantai atau marin. Dalam menentukan target eksplorasi, kontribusi prosedur kegiatan direncanakan dan keputusan yang dibuat tepat sasaran dalam pola keseluruhan eksplorasi. Namun harus disadari bahwa walaupun keterampilan, pengetahuan dan teknologi disesuaikan untuk pengembangan hasil eksplorasi yang diperoleh. Kebutuhan teknologi keseluruhan dapat meningkatkan investasi dalam eksplorasi dan hanya akan terpenuhi jika calon investor diyakinkan bahwa penggunaan dana investasi oleh ahli geologi berdasarkan alasan kebijakan dan bahwa semua faktor yang dibuat akan menentukan prioritas masing-masing prospek sebelum keputusan akhir dibuat. Alasan ahli geologi bagi investor sebagai jaminan bahwa nilai ekonomi eksplorasi lebih rendah dari hasil yang diperoleh. Alasan ini pula perlu dipahami oleh investor bahwa eksplorasi, sebagai suatu kegiatan untuk mencari, menemukan, dan mendapatkan suatu bahan tambang yang secara ekonomi dapat dikembangkan untuk diusahakan. Secara ekonomi diartikan bahwa eksplorasi memiliki resiko kegagalan dan keberhasilan.

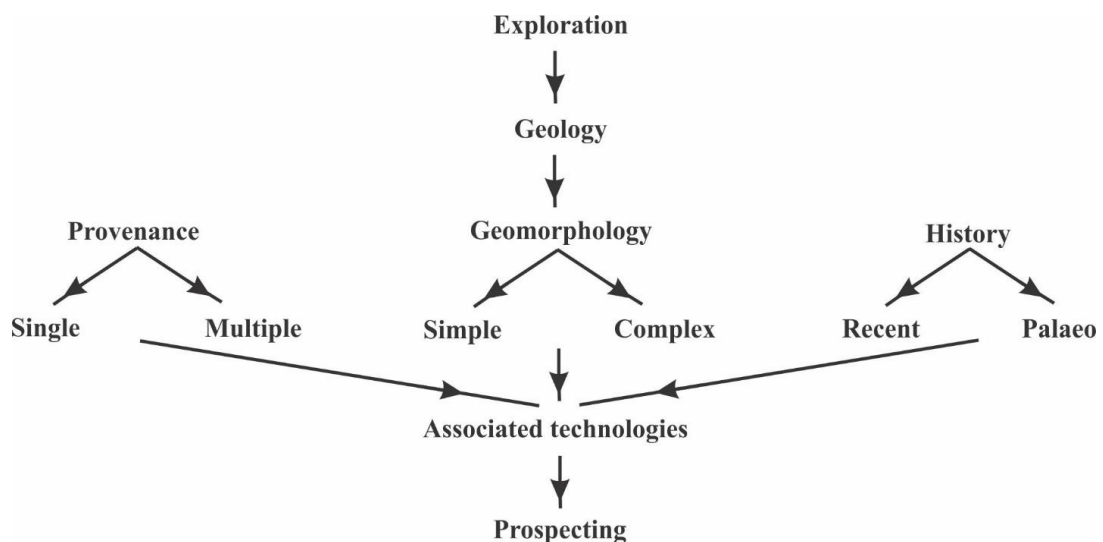
Faktor geomorfologi untuk menentukan batasan wilayah eksplorasi endapan plaser sangat luas karena areanya membentang dari lereng pegunungan yang tinggi hingga ke dasar laut di sepanjang wilayah margin bumi. Dalam beberapa kasus, eksplorasi endapan plaser selalu diarahkan pada wilayah drainase atau sistem drainase yang telah dikenal. Contoh di Amerika Selatan ketika ditemukan analisis geokimia aliran sedimen yang terdapat Cu, Pb, Ni, Co, As, Ag maka orientasi pada sedimen kuarter yang terbentuk pada umur geologi muda. Padahal endapan sedimen purbanya terletak di lapisan bawah sedimen kuarter yang mengandung timah. Ini merupakan kegagalan eksplorasi yang terjadi di Ekuador pada tahun 1980. Orientasi endapan plaser dimulai ketika ditemukan ciri mineral dan pendekatan pada geologi lapangan.

## 5.2. Model eksplorasi placer

Nilai ekonomi suatu mineral selalu meningkat namun disisi lain tantangan kesulitan, kompetisi antar investor dan biaya kegiatan eksplorasi juga semakin meningkat, maka eksplorasi perlu dilakukan secara efisien dan efektif mungkin. Ada tiga komponen utama dalam kegiatan eksplorasi endapan plaser yaitu : sampling, analisis dan interpretasi. Ketiga komponen ini merupakan korelasi kuat dan saling mempengaruhi sehingga perlu dilakukan desain atau model eksplorasi.

Model eksplorasi endapan plaser dirancang berdasarkan berbagai cabang ilmu geologi untuk menunjukkan bagaimana arah eksplorasi. Dua fungsi dibedakan terutama atas dasar bahwa eksplorasi terutama melibatkan keahlian geologis dibanding keahlian yang mengutamakan ciri fisik endapan plaser.

Dalam model eksplorasi yang diutamakan adalah pengambilan sampel dan evaluasi. Kemudian dilanjutkan pada tiga faktor utama, yaitu Provenance, Geomorfologi dan Sejarah Geologi (Gambar 5.1). Sejarah geologi adalah asal-usul terbentuknya endapan, geomorfologi, dan penggunaan teknologi yang mengungkap sedimentologi, Geokimia dan geofisika.



Gambar 5.1 Model Eksplorasi Endapan Plaser

## **Provenance**

Para ahli sedimentologi telah menggunakan hubungan antara mineral berat tertentu atau keberadaan kumpulan mineral berat tertentu untuk menunjukkan sumber atau genetik material pasir. Ada pula yang menggunakan karakteristik mineral berat tertentu sebagai indikator genetiknya. Kata provenance artinya “asal” atau “sumber” yang berkaitan dengan sumber batuan asal dari suatu mineral. Misalnya Pettijohn et al. (1987) menggunakan mineral berat untuk melacak proses transportasi material sedimen dan memetakan letak pengendapan material sedimen untuk mendeskripsi tubuh endapan serta untuk menemukan sumbernya.

## **Geomorfologi**

Endapan placer adalah campuran logam-logam berat yang merupakan agregat dari bahan-bahan yang terurai melalui proses pelapukan kimiawi atau erosi pada pembentukan logam. Konsentrasi plaser mineral dihasilkan dari proses geomorfik tertentu dan ditemukan pada posisi topografi tertentu, mungkin memiliki ekspresi topografi yang berbeda. Jenis batuan yang membentuk topografi batuan dasar dapat memengaruhi distribusi plaser.

Misalnya saja pengaruh geomorfologi pada endapan plaser residu ada dikenal istilah ‘diggings seam’ adalah residu dari pelapukan urat kuarsa, biasanya dalam jumlah terbatas, dan digolongkan ke dalam endapan nodul. Dengan demikian endapan plaser koluvial terbentuk pada zona transisional antara residual placers dan alluvial placers.

## **History**

Endapan placer mewakili konsentrasi mineral berat unsur-unsur tertentu, khususnya emas, uranium, dan platinum, melalui proses sedimentasi. Tergantung pada umur geologi dan kondisi pengendapan, endapan secara empiris diklasifikasikan sebagai paleoplacer jika endapan terbentuk pada batuan paleosiliciclastic kasar. Atau disebut endapan plaser recent apabila endapan

tersebut merupakan bagian dari sedimen klastik berumur Pliocene sampai Recent yang materialnya tidak terkonsolidasi.

Eksplorasi endapan plaser secara terus menerus menggunakan mineral berat sebagai pathfinder, memang berdasarkan penelitian bahwa kontrol geomorfik berhubungan erat dengan skala butir pada distribusi mineral berat. Pengembangan dan distribusi konsentrasi mineral berat dalam sistem aluvial adalah hasil dari interaksi antara berbagai proses yang kompleks. Ini memiliki range pemahaman tentang kontrol skala besar lempeng tektonik hingga proses terbentuknya butiran mineral berat dalam berbagai skala. Pemahaman tentang proses ini tidak hanya mendasar untuk eksplorasi dan evaluasi endapan plaser tetapi juga untuk eksploitasi mineral berat di sungai untuk tujuan.

### **5.3 Seleksi Lokasi Target**

Dalam eksplorasi endapan plaser yang diutamakan adalah pemilihan lokasi sebagai target area. Tentunya ada beberapa prinsip yang harus diketahui dalam menentukan target area, yaitu pengetahuan tentang genesa endapan plaser, asal-usul endapan plaser pada target area. Dengan mempertimbangkan prinsip hidrodinamika dan transportasi sedimen dan lingkungan pengendapannya.

Pada skala regional endapan plaser dikontrol oleh tektonisme, iklim, geomorfik dan sumber mineralisasi. Teori tentang pertemuan lempeng biasanya menjadi acuan target potensial suatu endapan plaser.

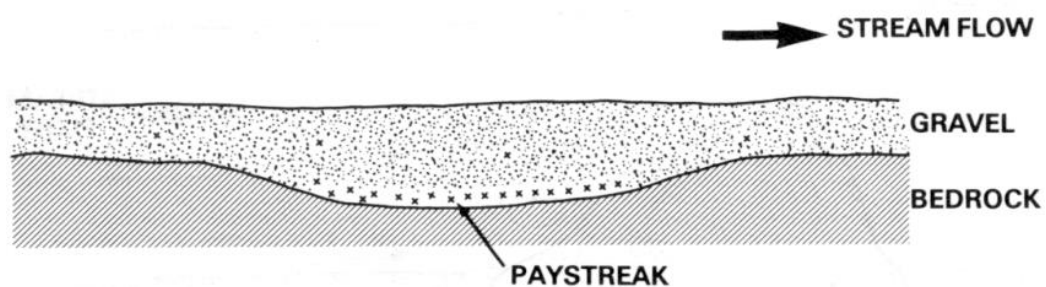
Orogenesa atau pembentukan pegunungan menyebabkan laju erosi cukup tinggi menyebabkan peremajaan sungai sehingga produksi sedimentasi dalam jumlah yang besar dan selalu berulang akan mendukung pembentukan endapan plaser berpotensi ekonomis.

Loen (1992) menyarankan untuk memperhatikan beberapa persyaratan pada penentuan lokasi target konsentrasi mineral ekonomis; mencakup luasan sungai yang cukup besar, tingkat denudasi batuan rendah sampai sedang dan iklim.

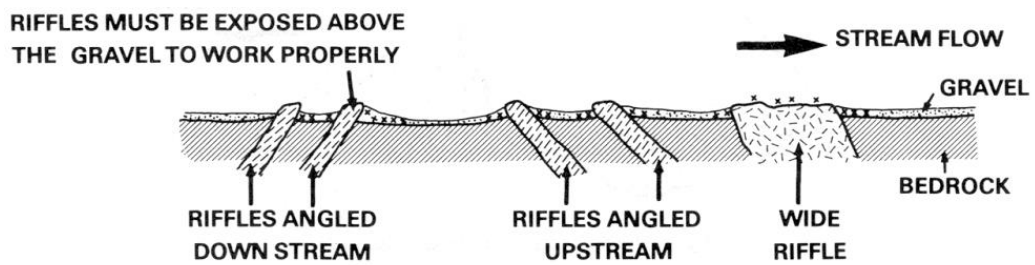
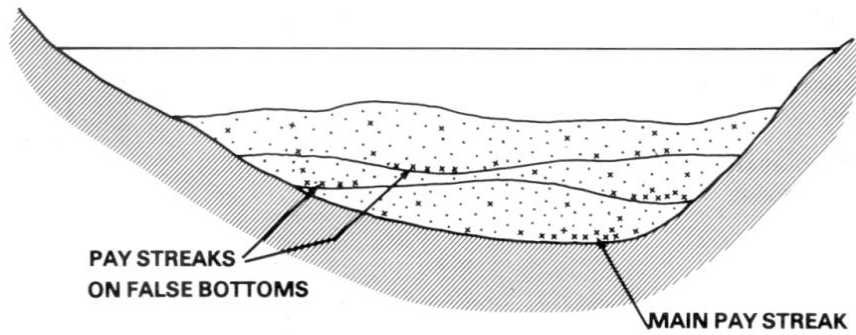
Persyaratan ini mendukung pelepasan mineral emas dari batuan sumber. Sedangkan Sutherland (1985) menyarankan pemilihan lokasi target berdasarkan tinjauan faktor morfogenetik pada iklim dingin non-glasial, daerah tropis lembab dan daerah semi-kering hingga kering.

Faktor-faktor pemilihan lokasi target menguatkan interpretasi bahwa ada indikasi konsentrasi emas atau mineral ekonomis. Dalam kegiatan eksplorasi di beberapa Negara eropa penggunaan istilah konsentrasi emas biasa disebut pada endapan emas eluvial, emas alluvial. Karena butiran emas terkonsentrasi dalam jebakan, namun istilah umum yang berlaku pada banyak negara digunakan adalah *pay streak*. Dalam terminologi eksplorasi asal Negara Inggris, Kanada kata *pay streak* disebut pula dengan kesamaan istilah seperti : *pay gravel*, *pay sand*, *pay dirt*, *pay wash*, *pay channel*, *pay lead*, *run of gold*, *gutte* dan *wash dirt*.

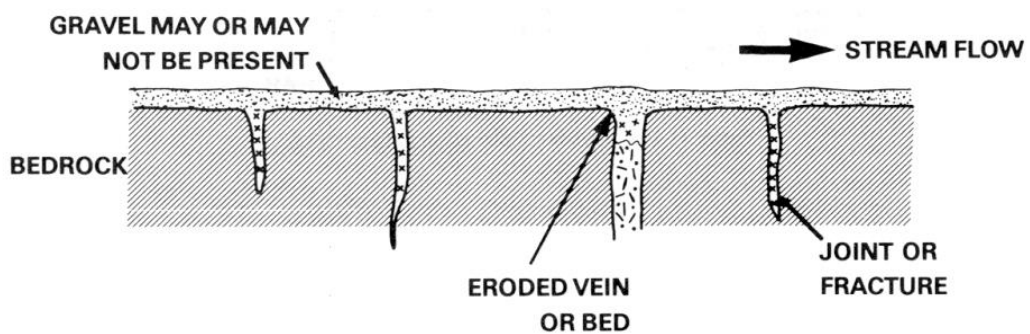
Standarisasi ekonomis istilah diatas dalam eksplorasi digunakan atau istilah tenor, yaitu emas plaser dalam fraksi gravel dan fraksi pasir. Umumnya nilai ekonomis digunakan satuan berat ons, gram per kubik atau per meter dengan ukuran dalam satu lubang galian beberapa sentimeter atau meter, atau per meter persegi. Sebagai catatan dalam luasan tersebut diperoleh emas plaser minimal 0,1 ppm (part per million). Berikut gambar (5.2 sampai 5.8) jenis-jenis *pay streak* dalam penampang sungai (Faulkner, 1986).



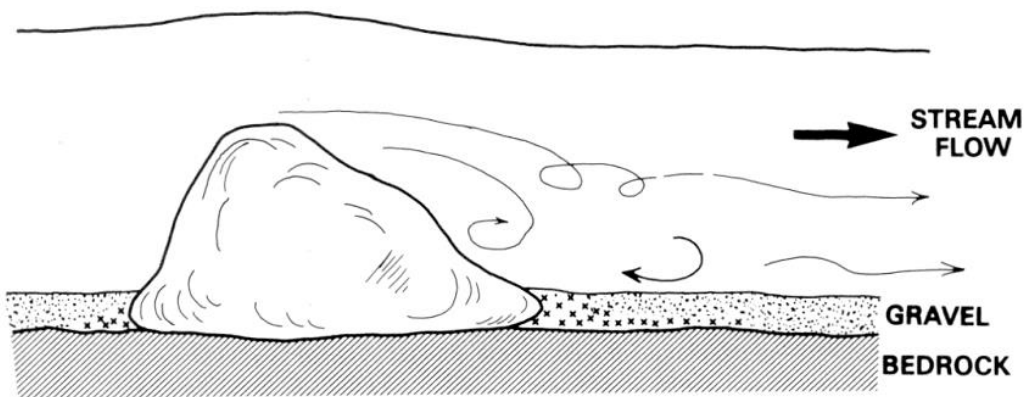
Gambar 5.2 Penampang sungai dan sona *pay streak* (Faulkner, 1986)



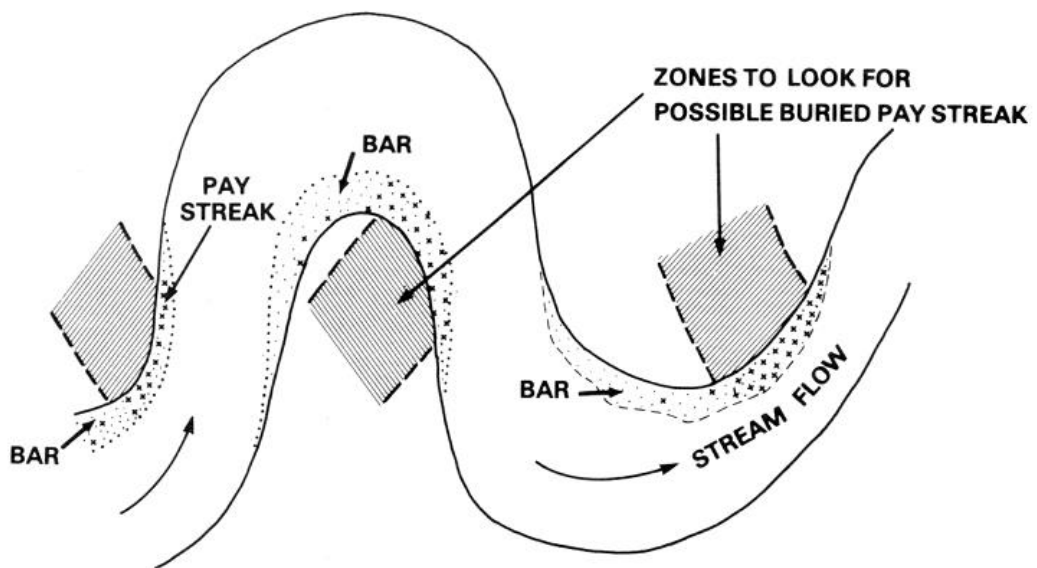
Gambar 5.3 Sona *pay streak* pada rekahan batuan



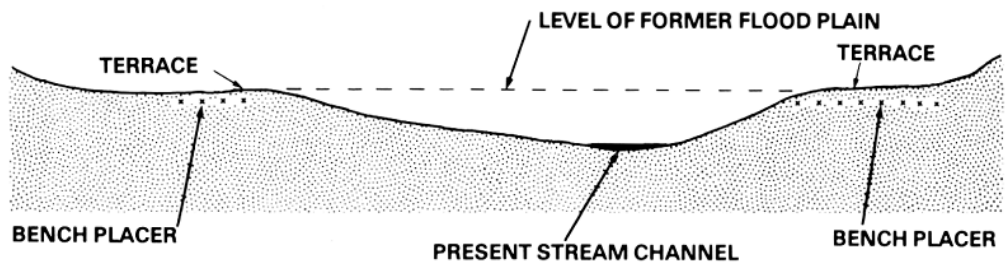
Gambar 5.4 Sona *pay streak* pada fisik resisten batuan



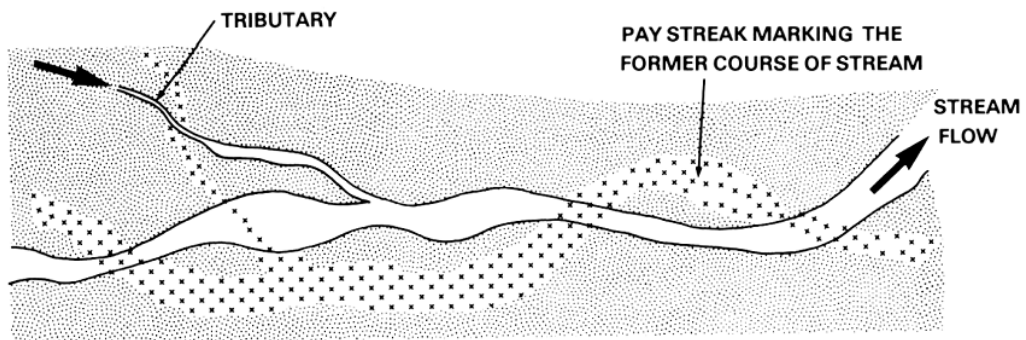
Gambar 5.5 Sona *pay streak* pada boulder batuan



Gambar 5.6 Sona *pay streak* pada aliran sungai



Gambar 5.7 Sona *pay streak* pada *terrace* sungai



Gambar 5.8 Sona *pay streak* pada sungai purba

#### 5.4 Metode Geokimia

Bagaimana menggunakan metode Geokimia pada ensapan plaser terletak bagaimana pula megkorelasikan paragenesis unsur dan mineral yang keduanya terbentuk secara kompleks di alam. Setiap paragenesis dicirikan oleh asosiasi unsur dan mineral keduanya terkait dengan proses kimia tertentu. Asosiasi mineral yang terbentuk secara alami memberi petunjuk tentang unsur-unsur atau mineral yang terjadi dalam satu atau beberapa paragenesis. Juga asosiasi ini dapat menunjukkan ketidakmungkinan beberapa unsur atau mineral dijumpai pada area tertentu. Sebagai contoh, sejumlah penulis telah mencatat korelasi menarik dengan berbagai tingkat oksidasi vanadium:  $V^{+5}$  dikaitkan dengan bitumen, dan  $V^{+3}$  dengan silikat primer. Jadi dalam pencarian minyak bumi, peningkatan rasio  $V^{+5}$ ,  $V^{+3}$  menunjukkan peningkatan konsentrasi aspal dalam batuan. Gambaran vanadium menunjukkan bahwa selain korelasi unsur juga mengacu pada prinsip hukum umum asosiasi geokimia sehingga ada juga sejumlah aturan khusus, yang dapat diterapkan dalam keadaan tertentu.

Pemahaman umum tentang bagaimana mengkorelasikan metode Geokimia dan membandingkan dengan batuan sedimen yang sesuai dengan asosiasinya dan berlaku pula pada batuan magmatik dan metamorf. Pemahaman khusus, bagaimanapun, mendefinisikan korelasi geokimia berdasarkan metodenya dengan membandingkan konsentrasi elemen kimia yang berbeda.

Cabang utama geokimia diterapkan untuk eksplorasi plaser adalah 'partikulat geokimia dan metode sederhana seperti panning sedimen sungai telah digunakan untuk eksplorasi selama ratusan tahun dan masih nilai yang besar. Misalnya, dalam mengeksplorasi berlian. Kimberlite berasal ilmenit dan pyrope garnet adalah partikel pelacak umum, baik mineral sangat tahan terhadap kerusakan kimia dan mekanik dan dapat terwakili di sedimen pada jarak yang jauh dari batuan sumber kimberlitic. Lebih dekat ke daerah sasaran, kehadiran jumlah partikel berukuran besar mineral ini juga dapat menunjukkan kondisi berkonsentrasi baik untuk berlian jika mereka ada. Dalam program prospeksi yang khas di Tanganyika dilakukan pengambilan 13 kg sampel pada lokasi yang

satu mil kotak persegi kemudian dicituk menjadi 0,2 mil dan kemudian ke 0,1 mil.

Unsur Niobium telah digunakan sebagai elemen pathfinder untuk placers batu permata karena terkait dengan batuan sumber pegmatite di Negara Bagian Kerala, India. Sebagai elemen pathfinder, niobium lebih mungkin menjadi signifikan jika mineral pembawa piroklor atau columbite-tantalite daripada jika itu adalah rutil, perovskit atau titanium mineral karena niobium secara luas tersebar dalam batuan metamorf dan beku dalam jumlah kecil dilakukan oleh mineral titanium .

Umumnya provenan pegmatite dikenal dan pencarian meluas jauh dari mereka, unsur-unsur lain seperti tungsten, kobalt dan nikel mungkin lebih menarik daripada niobium. Mineral niobium seperti columbite memiliki mobilitas kimia sedikit dan dispersi dan spektrum yang lebih luas dari elemen granit Be. Li. Zr. Y. Th. U dll lebih mungkin untuk menggambarkan daerah anomali.

Metode geokimia dalam eksplorasi endapan plaser sebagian besar terbatas pada partikulat geokimia explorer sering memiliki tugas menemukan endapan utama di daerah asalnya dan dia harus memahami dasar-dasar pengambilan contoh tanah geokimia untuk mengambil minat cerdas dalam perencanaan program. Pan sampling, dimana mineral berat yang pulih dalam sebuah piring calon sementara loaming up bukit atau sampling sedimen di sungai, biasanya cukup untuk terumbu outcropping tetapi metode partikulat tersebut mungkin gagal dalam situasi yang lebih kompleks, seperti misalnya di mana singkapan tertutup oleh pelapukan atau diangkut sedimen. Dalam kasus tersebut, awal orientasi pengambilan sampel akan mempengaruhi pilihan metode atas dasar biaya analitis, batas deteksi, mobilitas diferensial dan presisi yang diperlukan.

Pengambilan contoh tanah melibatkan pemahaman kimia tanah berbeda secara luas di sifat fisiko-kimia dan ketebalan. Kimia dari unsur tanah bervariasi dengan kedalaman dan sampel yang terbaik diambil di permukaan atau di batuan

dasar. Umumnya sampel diambil sesuai dengan litologi tergantung iklim regional seperti iklim tropis dan iklim salju.

Unsur Fluor juga digunakan sebagai pathfinder dalam eksplorasi plaser timah. Karena sifat unsur ini memiliki kontinuitas tinggi sehingga perubahan nilai Geokimia mencirikan endapan plaser timah terletak pada lapisan air tanah. Fluor juga bisa digunakan dalam eksplorasi uranium dan menghasilkan keberhasilan pada lokasi eksplorasi di dunia.

Contoh unsur-unsur di atas sebagai indikator dispersi yang juga ada beberapa unsur seperti strontium, boron, dan bromine yang digunakan pada jenis distribusi endapan.

## **5.5 Sampling**

Kegiatan sampling endapan plaser termasuk paling sulit, terutama penggunaan data samping dalam perhitungan cadangan. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika mengambil sampel deposit plaser adalah:

- 1) Ukuran sampel relatif besar diperlukan untuk penilaian yang akurat dari standar sampel yang diuji. Karena endapan plaser terdiri dari banyak ukuran dari fraksi kerikil-gravel yang membuat sampel representatif sulit diperoleh.
- 2) Ketika mengambil sampel untuk mineral bernilai tinggi seperti emas, kesalahan akan banyak dalam memprediksi perhitungan cadangan kandungan mineral
- 3) Dalam fraksi kerikil nilai distribusi mineral berat tidak beraturan, oleh sebab itu dalam pengambilan sampel hendaknya ada keseragaman fraksi material plaser. Ini lebih baik dibanding fraksi material plaser bervariasi dan sampelnya banyak.
- 4) Deskripsi sampel harus lengkap mencakup : ukuran sampel, kandungan mineral berat, mineral ringan, jumlah fraksi, kandungan lempung, kondisi singkapan batuan, aliran air, float dan karakteristik yang mempengaruhi penambangan.

Cara pengambilan sampel paling sederhana menggunakan alat berbentuk tempayang atau disebut dulang. Kata dulang lebih banyak digunakan oleh Negara di Asia Tenggara daripada bahasa aslinya berasal dari “Dulong”, namun di Negara Amerika latin digunakan istilah “Batea”. Dulang has a dual morphology, having a conical exterior tapering to a blunted, and a bowl-shaped interior carefully cut inside the cone.

Batea has a simpler morphology, having a dishaped exterior and interior. Dulang dan batea terbuat dari kayu, logam plastic tebal atau *fiberglass* (Gambar 5.9).



(sumber : [www.keenengineer.com](http://www.keenengineer.com))

Gambar 5.9 Alat sampling batea dan dulang

Sampling dengan menggunakan dulang atau panning, terlebih dahulu diketahui dimensi ukurannya sebelum digunakan. Dulang yang digunakan sebagai standar memiliki ukuran sebagai berikut, yang disebut pan faktor :

- Memiliki diameter 16 inci di bagian atas, 10 inci di bagian bawah dan kedalaman 2 1/2 inci.
- Sebuah dulang khas akan menampung 336 inci kubik atau 0,0072 kubik materil

- Karena dimensi dulang berbeda-beda maka yang dilihat adalah batas permukaan ketika terisi material, walaupun melewati batas atas dulang minimal hanya 20 % sampai 25%
- Dalam prakteknya, faktor diameter untuk rentang dulang adalah 16 inci, dari 150 inci sampai 200 inci tetapi sering digunakan angka perkiraan 180 inci. Ini didasarkan pada luasan tempaya bila terisi penuh dengan kandungan fraksi kerikil diperkirakan 20 persen hingga 25 persen.

## 5.6 Metode Remote Sensing

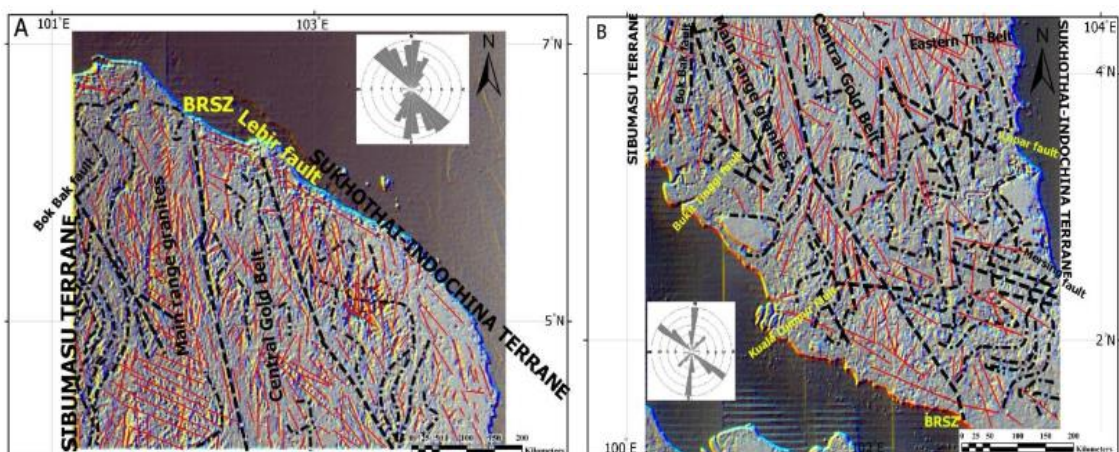
Foto udara dan teknik citra Landsat memberikan informasi yang berguna dan hemat biaya, untuk mengidentifikasi dataran teras sungai, pola aliran sungai dan fitur pengendapan lainnya. Kendala pada tutupan lahan oleh vegetasi dapat dimudahkan dengan citra multi spectral dan penggunaan panjang gelombang inframerah, infra termal. Perubahan pertumbuhan vegetasi, terkait dengan perubahan substrata di saluran terbenkakai dan daerah sekitarnya dapat ditemukan menggunakan citra multispektral. Penggunaan panjang gelombang infra merah dekat dan pencitraan infra merah termal dapat menyoroiti perubahan pada tutupan vegetasi.

Eksplorasi endapan pasir dengan menggunakan teknologi remote sensing telah dikembangkan yang mengandalkan sifat optic dan spectrum gelombang mikro yang menyajikan fitur permukaan bumi dan karakteristik medan. Teknologi yang berkembang mengekstraksi distribusi karakteristik tekstur dan komposisi material dari sensor yang berbeda, ini terdapat ppada Landsat ETM (satu optic) dan LANDSAT (land Remote-Sensing Satellite /System), SRTM (Shuttle Radar Topography Mission); Radarsat (Radar satellite)-1 dan ALOS (**Advanced Land Observing Satellite**)-PALSAR (tiga sensor microwave).

PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) adalah sensor gelombang mikro aktif yang menggunakan frekuensi L-band untuk mencapai

pengamatan lahan bebas awan baik pada siang dan malam. Ini memberikan kinerja yang lebih tinggi daripada SAR (Radar Aperture Sintetis) (SAR) dibanding JERS-1. PALSAR memiliki resolusi sangat halus dibanding mode konvensional, karena scan SAR dapat mengcover luasan yang memungkinkan kami memperoleh gambar dengan lebar 250 hingga 350 km (tergantung pada jumlah pemindaian) dengan resolusi spasial (Gambr 5.10). Luasan ini bisa tiga kali bahkan lima kali lebih lebar dari gambar SAR konvensional. Pengembangan PALSAR adalah proyek bersama antara JAXA dan Organisasi Sistem Pengamatan Sumber Daya Jepang (JAROS).

ALOS PALSAR pernah digunakan dalam penelitian endapan intan di plaser di Ghana Tahun 2013 dan Penelitian tentang Cekungan Wadi di gurun Sinai Mesir menggunakan ALOS PALSAR (L Band dan 6,25m) (Gaber *et al* 2009) . Penelitian cekungan Wadi mendapatkan hasil analisis bawah permukaan dengan ciri sebagai berikut : (1) Sifat spectral dan tesktur membaca bagian bawah lapisan alluvial (2) Mendeteksi variasi ukuran butir permukaan yang berhubungan dengan produk litologi dan pelapukan (3) Mendeteksi komposisi batuan dan mineralogy. Hasil penelitian dapat membedakan sumber cekungan dan transportasi sedimen.



Gambar 5.10. Contoh penggunaan ALOS PALSAR dalam kegiatan eksplorasi emas (Pour dan Hashim, 2016)

## **5.7 Metode Geofisika**

Informasi geofisika ditafsirkan dalam kaitannya dengan pola-pola dalam geologi dan sehubungan pola-pola tersebut selanjutnya dievaluasi dengan hubungan yang diketahui atau diduga antara jenis batuan, struktur, urutan stratigrafi dan mineralisasi bijih. Karena itu, sebagai tools eksplorasi endapan placer yang kuat dan terintegral, selalu ditindak lanjuti dan digunakan dalam tahapan pendahuluan. Ahli geologi harus memiliki banyak pengetahuan tentang aplikasi dan penggunaan geofisika. Dan pemrosesan data harus diserahkan kepada orang-orang dengan keahlian (misalnya ahli geofisika) tetapi interpretasinya dianggap sebagai tugas bagi ahli geologi. Dalam kondisi tertentu penerapan jenis metode apapun yang perlu dikuantifikasi adalah perbandingan informasi rasio sinyal terhadap noise. Informasi geofisika dalam data apa pun juga yang memungkinkan untuk dianalisis adanya anomali yaitu penyimpangan signifikan dari pola nilai normal. Anomali ini harus mampu dijelaskan dalam hal kondisi geologinya, termasuk kemungkinan mineralisasi, dan semua kondisi alternatif harus dipertimbangkan. Keuntungan menggunakan lebih dari satu metode mengurangi kemungkinan pilihan analisis.

### **5.7.1 Metode Magnetik**

Prinsip kerja metode magnetik adalah pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi (susceptibilitas). Variasi yang terukur (anomali) berada dalam latar belakang medan yang relatif besar. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan, yang kemudian dijadikan dasar bagi pendugaan kondisi geologi bawah permukaan. Memiliki kemiripan dengan metode gravitasi, karena kedua metode sama-sama berdasarkan kepada teori potensial, sehingga keduanya sering disebut sebagai metode potensial.

Perbedaannya bahwa metode magnetik harus mempertimbangkan variasi arah dan besar vektor magnetisasi. Sedangkan metode gravitasi hanya ditinjau

variasi besar vektor percepatan gravitasi. Data pengamatan magnetik lebih menunjukkan sifat residual yang kompleks. Dengan demikian, metode magnetik memiliki variasi terhadap waktu jauh lebih besar. Pengukuran intensitas medan magnetik bisa dilakukan melalui darat, laut dan udara.

*Metoda Magnetik* adalah salah satu metoda di geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi. Menggunakan metoda ini diperoleh kontur yang menggambarkan distribusi susceptibility batuan di bawah permukaan pada arah horizontal. Dari nilai susceptibility selanjutnya dapat dibedakan batuan atau mineral yang mengandung sifat kemagnetan. Aplikasi metode ini cocok untuk tahapan prospeksi karena mencakup daerah yang luas dan menghasilkan pemodelan kearah horizontal, disarankan untuk untuk mengetahui informasi kedalamannya sebaiknya dipadukan dengan metoda Resistivity 2D.

Beberapa Negara Eropa menerapkan eksplorasi dengan metode magnetometrik hanya untuk mengidentifikasi batuan sumber yang berhubungan gambaran anomali magnetit sehingga jarang digunakan untuk endapan pasir. Kecuali telah diketahui dengan keberadaan konsentrasi mineral berat. Penerapan magnetometrik di Alaska pada evaluasi endapan placer berhubungan indentifikasi konsentrasi mineral berat mengandung magnetit atau magnetit. Kemampuan vertikalnya menunjukkan di mana endapan plaser mengandung magnetit pada sedimen tidak terkonsolidasi hingga kedalaman 112 meter, karena semakin dalam konsentrasinya semakin sulit untuk diidentifikasi. Hal ini disebabkan karena mineral berat terkonsentrasi pada lapisan unconsolidated, kecuali batas ketebalan lapisannya tipis pada batuan sumber.

### **5.7.2 Metode Resistivitas**

Metode resistivitas digunakan untuk mendapatkan informasi lapisan sedimen dan variasi lapisan termasuk batuan sumber. Ini karena sifat tahanan jenis lapisan dan berbeda yang disebabkan oleh unconsolidated. Penerapan metode resistivitas cukup berbeda bila digunakan pada suhu rendah karena

mempengaruhi informasi tahanan jenis lapisan dan batuan, biasanya gambaran bawah permukaan yang dihasilkan tidak menerus.

### **5.7.3 Metode Gravitasi**

Umumnya metode gravitasi digunakan apabila belum diketahui secara pasti lokasi target karena konfigurasi yang dihasilkan hanya membedakan lapisan dengan batuan sumber.

Metode gravitasi bergantung pada Hukum Gravitasi Newton yang menyatakan bahwa gravitasi tarik bersama antara massa berbanding lurus dengan produk massa dan berbanding terbalik dengan jarak dan perbedaan gravitasi antara titik pengukuran individu dan titik basis. Koreksi diterapkan untuk memperhitungkan perbedaan lintang, ketinggian, topografi dan instrumentasi. Perbedaan anomali umumnya cukup kecil dan interpretasi sangat sensitif terhadap nilai kepadatan. Tabel 5.1 memberikan kisaran kepadatan beberapa bahan khas. Namun sebagai pedoman umum, nilai untuk digunakan dalam aplikasi apapun harus diukur di lokasi dan tidak hanya dianggap.

Metode gravitasi sangat sensitif terhadap tinggi dan rendah topografi dan beberapa nilai yang terbaca mungkin memerlukan koreksi urutan berkali-kali dari anomali yang diantisipasi. Aplikasi utama para eksplorasi dalam eksplorasi placer adalah untuk menggambarkan pola drainase pada area yang luas dengan bantuan investigasi seismik lanjutan (Peterson et al, 1968). Disarankan pula akurasi dalam pembacaan seismik memerlukan koreksi dalam sebesar (+ 10%), ini pernah dilakukan dalam menentukan konfigurasi batuan dasar di bawah endapan kerikil berumur Tersier pada luasan terbuka di Sierra Nevada, dengan menggunakan refraksi seismik dangkal dan mengkombinasikan dengan gravitasi. Antung dan Hanna (1975) menyelidiki pasir magnetit pantai di Meleman, Lamajang, Jawa Timur dan menemukan korelasi antara amplitudo anomali terkomputasi dan teramati serta estimasi kepadatan pasir terbaiknya (2,75g/cm). Nilai yang diperoleh menjadi acuan umum dalam menentukan kerapatan pada endapan palser delta.

Gambaran fungsi geofisika juga dilakukan oleh Daly (1965) yang melakukan survei geofisika di Ardlethan. New South Wales, Australia. Ia menemukan bahwa anomali gravitasi maksimum mineral timbal sekitar 0,6 miligal, nilai ini cukup besar karena untuk pengukuran yang akurat mestinya nilai yang diperoleh tidal jauh berbeda antara gravitasi dan hasil seismik. Jika nilai yang diperoleh dalam metode gravitasi lebih rendah daripada nilai dari metode seismik, maka yang dianggap sebagai kasus adalah nilai gravitasi. Perbedaan nilainya juga menunjukkan analisis gravitasi bahwa endapan plaser terbentuk dalam satu jalur pengendapan sedangkan hasil seismic menunjukkan dua jalur pengendapan. metode Kesimpulannya adalah bahwa prosedur terbaik tampaknya adalah menggunakan metode gravitasi yang dilanjutkan dengan metode seismik sehingga kelanjutan analisisnya hanya dilakukan pada kedalaman yang diperoleh pada endapan plaser.

Tabel 5.1 Massa Jenis dari material ( $\text{gcm}^{-3}$ )

<b>Material</b>	<b>Densitas</b>
<b>Pasir Panas</b>	1.40-1.65
<b>Pasir Basah</b>	1.95-2.05
<b>Batugamping</b>	2.60-2.70
<b>Granit</b>	2.50-2.70

#### **5.7.4 Metode Geolistrik**

Metode geolistrik bekerja berdasarkan sifat aliran konduksi listrik di dalam dan dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Aliran arus listrik yang mengalir didalam tanah yaitu melalui batuan-batuan dan sangat dipengaruhi oleh adanya air tanah dan garam yang terkandung didalam batuan serta hadirnya mineral logam maupun panas yang tinggi. Dalam hal ini yang di ukur yaitu dalam pengukuran potensial, arus dan

medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi.

Aliran konduksi arus listrik didalam batuan/mineral digolongkan atas tiga macam yaitu konduksi dielektrik, konduksi elektrolitik, dan konduksi elektronik. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik (terjadi polarisasi muatan bahan saat bahan dialiri listrik). Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat porous dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik. Kondisi elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral oleh elektron bebas. Berdasarkan harga tahanan jenis ( $\rho$ ) listriknya batuan/mineral digolongkan menjadi tiga yaitu :

- Konduktor baik :  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega \text{ m}$
- Konduktor buruk :  $1 < \rho < 10^7 \Omega \text{ m}$
- Isolator :  $\rho > 10^7 \Omega \text{ m}$

Metode geolistrik yang digunakan dalam eksplorasi placer adalah, (a) Potensial diri, (b) Resistivitas (tahan jenis), dan (c) Polarisasi terinduksi.

**(a) Potensial diri :**

Prinsip metoda potensial diri menggunakan sifat tegangan alami suatu massa endapan" di alam, namun perlu diingat bahwa anomali yang dihasilkan tidak dapat langsung disimpulkan sebagai tubuh endapan plaser. Karena masih membutuhkan kombinasi data geologi lapangan dan data lainnya.

Metode potensial sendiri mengukur perbedaan potensial alami antara titik - titik yang ditanam di permukaan bumi yang dihubungkan dengan arus listrik ke tanah. Para explorer paling banyak menggunakan potensial diri dalam mengungkapkan keberadaan endapan plaser atau badan sulfida dan ternyata menimbulkan masalah bila digunakan pada endapan plaser yang mengandung garam.

### **(b) Resistivitas (Tahanan Jenis) :**

Metoda ini menggunakan medan potensial listrik bawah permukaan sebagai objek pengamatan utamanya. Kontras resistivity yang ada pada batuan dan mineral akan mengubah potensial listrik bawah permukaan tersebut sehingga diperoleh suatu bentuk anomali.

Metode ini mengukur distribusi di bawah permukaan potensial (baik DC atau AC frekuensi rendah) yang dimasukkan ke dalam tanah melalui dua elektroda dan umumnya digunakan dalam survei air atau mencari lapisan yang konduktif. Eksplorasi endapan plaser dengan menggunakan metode tahanan jenis berhasil digunakan di Tingha, New South Wales. Hasil anomaly menggambarkan lapisan endapan yang dipotong oleh batuan granit yang ditutupi oleh batuan terhadap sistem endapan plaser kasiterit dan timbal.

- **Polarisasi terinduksi**

Metode induksi polarisasi (Polarized Inductive) menyerupai metode tahanan jenis resistivity karena dalam prinsip kerjanya arus listrik ke dalam tanah melalui dua elektroda dengan perbedaan tegangan dan diukur perbedaan potensialnya. Jika tanah mengandung sejumlah mineral, kebanyakan mineral sulfide, kalkopirit, pirite, galena maka tegangan yang diperoleh tidak langsung nol namun turun secara perlahan-lahan menuju nol.

Menurut Parasnis (1979) metode ini terkadang menghasilkan resolusi yang lebih baik daripada metode resistivitas tetapi kemampuan diagnostiknya, masih banyak dipertanyakan kecuali kondisi geologi sudah diketahui. Eksplorasi mineral berat plaser pantai pernah dilakukan oleh Pusat Geologi Australia dengan menggunakan IP, hasilnya cukup menggenbirakan karena pembacaan anomali lebih jeas dalam membedakan material pasir dan ilmenit.

Berikut beberapa sedimen dengan nilai resistivitas (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Resistivitas Listrik

Batuan dan Sedimen	Kecepatan Resistivitas (ohms)
Batupasir	35-4000
Batugamping	120-400
Pasir Lembab	100-10000
Lempung	1-120
Es Morrain	8-40000
Granit	5000-1 Juta

### 5.7.5 Metode Seismik

Metode seismik sering digunakan dalam memodelkan lapisan plaser, dengan menggunakan prinsip perambatan gelombang mekanik. Dengan memasang geophone yang berfungsi sebagai penerima getaran. Sumber getar antara lain bisa ditimbulkan oleh ledakan dinamit atau suatu pemberat yang dijatuhkan ke tanah (*Weight Drop*). Gelombang yang dihasilkan menyebar ke segala arah.

Ada yang menjalar di udara, merambat di permukaan tanah, dipantulkan lapisan tanah dan sebagian juga ada yang dibiaskan, kemudian diteruskan ke geophone-geophone yang terpasang dipermukaan.

Seismik refraksi pernah digunakan dalam penelitian ketebalan endapan alluvial di East-Central Canada dan memiliki kelebihan interpretasi karena waktu tempuh terukur dari gelombang energi elastis yang dihasilkan secara artifisial pada saat merambat melalui permukaan bawah permukaan. Kecepatan seismik adalah kecepatan di mana energi merambat melalui bawah permukaan. Kecepatan seismik tergantung pada sejumlah besar faktor, termasuk komposisi mineralogi, ukuran butiran, penyemenan, tekanan, dan kemiringan dan arah sehubungan dengan lapisan. Karena kecepatan seismik tergantung pada faktor-faktor ini, ketika energi seismik bergerak dari satu endapan mineral berat ke endapan mineral berat lainnya maka kecepatan seismik akan terjadi perubahan

cepat rambat. Meskipun biaya metode seismik cukup mahal tetapi metode ini dapat menghasilkan informasi kondisi ideal tebal lapisan endapan plaser dan kedalaman batuan sumber dapat ditentukan.

### 5.7.6 Metode Geomagnet

Metode magnetic merupakan metode pengukuran yang sangat bergantung pada perbedaan sifat geomagnetik lokal. Hal ini disebabkan bahwa setiap mineral memiliki sifat kemagnetan yang berbeda. Dalam eksplorasi endapan placer, sedimen yang mengandung proporsi kemagnetan secara signifikan biasanya mengandung mineral magnetik, dan menjadi dasar pengukuran anomali. Misalnya magnetometer udara telah berhasil digunakan di Uni Soviet untuk mencari dasar pengukuran kemagnetan mineral kimberlite, melalui nilai pengukuran berganda (plus dan minus) pada kelimpahan mineral magnetit dan ilmenit dengan nilai anomali magnetik yaitu 500-700 gamma.

Namun, kedua nilai ganda permukaan magnetometer ini yang diperoleh dari survei udara umumnya kurang tepat daripada yang diharapkan. Ini bisa saja karena efek massa dari dispersi partikel. Karena berdasarkan nilai kemagnetan unsur besi adalah 100. Pada Tabel 5.3 menunjukkan sifat umum dari urutan relatif magnetik-kerentanan mineral placer.

Tabel 5.3 Susceptibilitas magnetic mineral plaser

Mineral	Chemical composition	Relative density	Relative magnetic susceptibility
<b>Magnetite</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5.2	40
<b>Ilmenite</b>	FeO. FeTiO <sub>2</sub>	4.5-5.0	11.67
<b>Garnet</b>	Various iron, calcium silicates	3.5-4.0	6.68
<b>Haematite</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.9-5.3	4.64
<b>Monazite</b>	(Ce,La,PO <sub>4</sub> )	4.6-5.4	4.11
<b>Rutile</b>	TiO <sub>2</sub>	4.2-4.25	0.94
<b>Zircon</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	4.2-4.9	0.47
<b>Quartz</b>	SiO <sub>2</sub>	2.65	0.40
<b>Cassiterite</b>	SnO <sub>2</sub>	6.8-7.1	0.13

Ketika medan elektro-magnetik terekam pada permukaan tanah maka arus yang dihasilkan akan menimbulkan medan elektro-magnetik sekunder, bersifat mendistorsi pada lapisan utama endapan plaser dan biasanya terdapat mineral yang bersifat konduktor. Dalam survei udara, metode geomagnet biasanya berhasil menghasilkan nilai terbaik apabila morfologinya merupakan pedataran atau umumnya morfologi bergelombang. Aplikasi utama dalam eksplorasi endapan plaser adalah untuk mempelajari geologi regional yang morfologinya terdapat batasan sedimen purba, biasanya jejak paleomorfologi pantai purba atau rawa purba. Hal ini memudahkan penyelidikan dimana dapat diambil standar ketinggian data penerbangan dan lebih disukai memiliki ketinggian sekitar 60 m dan untuk sensor perekamnya berada pada ketinggian 25 m, dengan demikian memudahkan perekaman pada setiap interval 15 meter pada nilai presisi dua gamma.

#### **5.7.7 Metode Radiometrik**

Metode radiometrik berlaku untuk dekat-permukaan placers mengandung beberapa mineral yang radioaktif. Tanah survei radiometrik umumnya lebih efektif daripada survei udara dan teknik berharga untuk plaser berlian prospeksi karena Asosiasi umum berlian dengan uranium dan thorium mineral. Ini juga memiliki nilai dalam menelusuri pasir pantai yang mengandung monasit atau zirkon radioaktif dan, meskipun monasit biasanya memiliki tingkat yang lebih tinggi dari radio-aktivitas kadang-kadang, bahkan ketika keduanya hadir, zirkon memberikan respon tertinggi. Sebagai contoh. Meleik (1978) menemukan korelasi kuat antara radioaktivitas dan zirkon dari antara radioaktivitas dan monasit di Damietta pantai pasir Mesir. Dia menganggap ini disebabkan sebagian untuk kehadiran di pasir lebih dari tiga kali lipat zirkon sebagai monasit tetapi sebagian, juga. perbedaan konsentrasi karena perbedaan dalam ukuran dan bentuk. Partikel-partikel monasit menjadi lebih bulat yang lebih merata daripada partikel zirkon yang lebih memanjang.

Penyelidikan atas di Mesir dilakukan dengan menggunakan scintillometer dengan kristal iodida empat natrium berukuran 8 cm dan diameter

5 cm dengan ketebalan optik digabungkan ke satu tabung photomultiplier menghasilkan sensitivitas sekitar 200 Hz / ur / h. Net fluks sinar gamma dari permukaan tanah diukur pada ketinggian 70 m di sepanjang 260 garis penerbangan dalam dua arah 250 m terpisah tegak lurus terhadap garis pantai, dengan garis yang sejajar dari ke pantai.

Survei udara rekor uranium, torium dan kalium anomali dan juga dapat mengungkapkan kontak geologi tersembunyi dan struktur kesalahan besar. Misalnya, di utara dan utara-barat Australia, banyak zona sesar silisifikasi menghasilkan dakwaan 3 4 kali latar belakang. Dekat permukaan konsentrasi monasit atau mineral radioaktif lain kadang-kadang memberikan respon yang terukur yang dapat diteliti lebih lanjut di tanah. Total scintillometers count dengan 5 kristal cm cocok untuk penyelidikan tersebut.

Survei spektrometer yg berlayar di laut memiliki tujuan yang sama dan Street (1977) menjelaskan diderek dasar laut gamma-ray spektrometer yang terus menerus memonitor empat daerah energi dalam spektrum karakteristik gamma-ray dari:

total sinar gamma radioaktivitas :

- kalium (K-40)
- uranium (Bi-214)
- thorium (Ti-208)

Dalam tabung PVC fleksibel tertimbang panjang 30-m fungsi probe mendeteksi secara tertutup untuk melindungi dari kerusakan dan pada saat dinaikkan dari rintangan di dasar laut. Ketika dinaikkan pembersihan jalur rintangan 7 m tinggi ketika ditarik pada 4 knot dengan 7m selang yang mengikuti sepanjang dasar laut.

- **Kontrol survei dan penglokasian Akustik**

#### *Onshore*

Kontrol survei yang ketat adalah penting dan semua pengukuran harus dirujuk ke datum umum sehingga fitur individu pada peta yang berbeda dapat dibandingkan pada skala yang sama dengan overlay. Hal ini sangat penting

ketika Anda menjelajahi untuk endapan plaser yang berkaitan dengan tingkat pengendapan selama Kuartar atau menelusuri pola saluran drainase yang tertimbun oleh sistem plaser fluvial.

### ***Offshore***

Eksplorasi dan eksploitasi berikutnya pada endapan placers yang tertimbun di sepanjang landas kontinen membutuhkan kemampuan untuk memindahkan posisi sampling dan untuk mengkoordinasikan hasil sistem seperti profil seismik refleksi, sisi sonar, refraksi seismik laut dan fotografi bawah air. Dalam sebagian besar kasus toleransi maksimum adalah 5 m dan umumnya pekerjaan akan dibagi antara lebih dari satu kapal.

Sistem navigasi satelit tidak cukup akurat untuk penentuan posisi lubang bor. Elektronik sistem pengukuran jarak seperti Autotape, Electrotape dan Tellurometer dibatasi untuk operasi dalam 35-40 km dari pantai. Laser telah digunakan untuk Akurasi ekstrim dalam line-of-sight survei dan pengamatan jarak pendek. Sistem Raydist digunakan dalam survei Selat Malaka memiliki jangkauan 50-70 mil laut dan akurasi posisi teoritis 2-3 m tetapi ditemukan pada waktu itu akan terpengaruh serius oleh efek atmosfer, terutama badai.

- **Penanda lokasi**

Batas untuk pengambilan sampel endapan pantai sebaiknya berjarak 18 km dari pantai ini disebut *line of sight*. Dengan menggunakan pelampung dengan kabelnya mengikat di dasar laut. Pelampung berupa bidang menyebar kurang dari 8 km persegi panji-panji dan harus naik minimal 3 m di atas permukaan air untuk mengimbangi efek kelengkungan bumi dan, sekali akurat terletak dari pantai, dapat digunakan sebagai penanda untuk semua gridding. Dalam menandai bidang pertambangan, tiga atau lebih pelampung ditempatkan sedikit ekstrem berlawanan dari arah lapangan dan terletak di luar area tambang untuk menghindari kebutuhan untuk relokasi hasil penambangan.

Akurasi posisi dari pelampung ditambahkan tergantung pada kedalaman air dan kekuatan gelombang dan arus; perangkat sonar bawah air yang

digunakan di mana tingkat akurasi yang lebih tinggi dapat merupakan biaya tambahan.

### **5.7.8 Metode Pemboran**

Metode pemboran menggunakan dua jenis, yaitu bor dengan menggunakan tenaga manusia (auger drill) dan menggunakan tenaga mesin.

#### **5.7.8.1 Bor Tangan**

Kelebihan metode bor tangan (auger drill) relatif mudah dan murah untuk dioperasikan namun menghasilkan volume sampel cukup banyak.

Kelemahannya terletak pada ketidakmampuannya untuk menembus tanah dengan batu, termasuk lokasi yang tergenang air. Metoda ini dipakai untuk eksplorasi dangkal seperti placer deposit dan residual deposit. Metoda ini digunakan pada umumnya pada tahapan eksplorasi rinci, namun adakalanya secara acak dan setempat dilakukan pada tahap eksplorasi tinjau, terutama pada subtahap prospeksi umum.

- **Auger sekrup (*Screw type auger*)**

Alat bor ini sangat praktis karena dioperasikan oleh satu orang ditambah tenaga penggerak manusia. Untuk daerah-daerah yang berbukit-bukit atau berawa-rawa, alat bor ini sangat cocok. Ukuran-ukuran normalisasi dari pada auger ini adalah sebagai berikut :

- diameter spiral = 1,5 inci
- panjang spiral = 6 inci
- panjang pipa bor = 36 inci
- panjang seluruhnya = 48 inchi

- **Closed spiral auger (Auger spiral tertutup)**

Auger berupa spiral tertutup yang dibuat dari baja sehingga dapat menembus batuan seperti kekerasan batulempung. Prinsipnya adalah alat bor diputar ke dalam tanah dan sampel naik ke permukaan tanah melalui bagian spiral yang terbuka.

- **Ship auger**

Disebut ship auger karena pahatnya mirip dengan baling-baling kapal, sangat cocok dioperasikan pada batuan yang mudah lengket seperti lempung dan lanau. Sampel diperoleh dengan cara alat bor ini ditekan dan diputar ke dalam tanah dan kemudian ditarik ke atas, sampel akan melekat pada spiral ini.

- **Jamaica Open Spiral Auger**

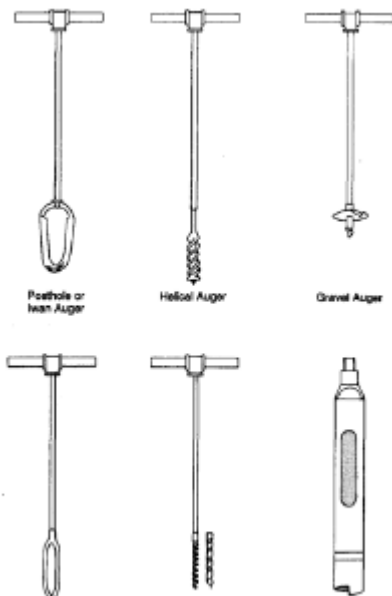
Alat bor ini cukup ringan dan panjangnya 18 inci, bagian spiralnya dapat terbuka dan tertutup untuk memudahkan menangkap sampel.

- **Auger power head**

Alat bor ini dioperasikan oleh dua operator karena memiliki mesin penggerak yang kecepatan putarannya bisa mencapai 140 rotary/menit. Kedalaman pemboran bisa mencapai 10 meter.

- **f. Small auger power head**

Alat bor ini dilengkapi mesin penggerak dan menggunakan dua operator, kedalaman dapat dicapai 2 sampai dengan 6 meter.



Gambar 5.11 Jenis-jenis bor tangan

Jenis bor tangan diatas biasa disebut berdasarkan fungsinya terhadap material pemboran, terbagi dua yaitu : (1) auger padat (2) auger berongga.

**Auger padat** adalah alat yang berguna dalam pengintaian karena kecepatan operasi dan kesederhanaannya, tetapi metode ini biasanya memiliki terlalu banyak risiko kesalahan untuk digunakan dalam studi penilaian akhir. Auger padat cukup cocok untuk tanah berbatu moderat atau di mana bahan yang akan disampel bersandar pada bagian bawah yang keras. Dalam materi sandly bebas partikel yang lebih berat cenderung untuk menetap keluar preferentially di flytes.

Auger padat terdiri dari kepala pemotongan berujung tungsten di ujung batang, sehingga terbentuk bahwa potongan bor berjalan ke permukaan sepanjang flyte yang tersusun dalam jalur heliks di sekitarnya. Pemboran dilakukan dengan rotasi dengan tekanan, bagian flyte tambahan ditambahkan saat lubang diperdalam. Drive biasanya melalui daya lepas landas truk. Jika yang pertama, kopling kebesaran diperkenalkan sehingga baik penggerak dan lifting gear hidrolis dapat dioperasikan dari markas, sehingga memudahkan pengambilan sampel dengan membiarkan auger sarat jarahan harus diangkat ke permukaan tanpa rotasi. Diameter auger mungkin sebesar 60cm untuk

kedalaman dangkal tetapi 20cm auger memuaskan untuk pengintaian secara umum .

Aplikasi yang paling penting adalah pada tanah lempung kering atau semi kering dan auger yang dilengkapi dengan alat pengangkat hidrolis dapat menampung hingga 40m dari tanah liat alluvium dalam 8 jam. Pengeboran lebih cepat di pasir pantai, mungkin sebanyak 100 hingga 125 m per 8 jam shift tetapi metode ini kurang akurat daripada banyak yang lain dalam layanan ini.

Pengambilan sampel dilakukan secara kontinu atau *dead stick*. Dalam pengambilan sampel terus menerus, stek berjalan ke permukaan sepanjang flyte dan dikumpulkan secara terus menerus selama pengeboran. Namun, tidak mungkin untuk menilai secara akurat, interval dari mana setiap sampel diperoleh dan mungkin ada kontaminasi yang cukup besar dari dinding . Mungkin fitur terburuk adalah representasi bahan sampel yang tidak merata dari lapisan tekstur yang berbeda.

*Dead stick* augering lebih akurat. Dalam sistem ini auger dijalankan untuk kedalaman 1,5 m atau beberapa interval yang telah ditentukan lainnya dan kemudian ditarik tanpa rotasi untuk memulihkan sampel. Sampel dipertahankan sebagai colokan pada flyer auger terkemuka dan diambil hanya dari alur, perawatan ekstrim dilakukan untuk membersihkan segala kemungkinan kontaminasi. Prosedur ini diulangi dengan rotasi minimum hingga kedalaman total lubang.

**Hollow auger:** Dalam pengeboran auger berlubang, auger pemotongan berputar di sekitar sumbu perangkat pengambilan sampel dan sedikit di atasnya untuk merakit lubang untuk melewati barel. Inti kemudian dapat diambil dalam keadaan yang relatif tidak terganggu. Auger ekstensi dengan diameter yang sama dipasang secara progresif setelah setiap pengambilan sampel untuk membentuk konfigurasi flyte berkelanjutan untuk menghilangkan potongan limbah dari sekitar inti.

Sampel diambil dengan memaksa tabung sampel yang tidak berputar dengan cincin penahan ke tanah dan menariknya ketika sudah penuh. Jika batang padat digunakan, seluruh string ditarik untuk pengambilan sampel. Namun, tingkat

pengeboran yang mungkin serendah 2m per jam di tanah liat, sangat meningkat dari penggunaan batang berongga dan wireline sampling dan mungkin setinggi 15-20 m per jam di pasir dan 6-10 m per jam.

Pengambilan sampel hollow auger juga dapat dilakukan dengan cara bailing atau jet untuk memulihkan bahan sampel. Dalam hal ini sampel dipulihkan dalam keadaan rusak tetapi tingkat penetrasi jauh lebih tinggi. Pengambilan sampel cukup akurat di tanah bebas batu asalkan nilainya terdistribusi secara merata tetapi umumnya bukan metode yang disukai karena diameter inti umumnya dibatasi kurang dari 7cm.

#### **5.7.8.2 Bor Bangka**

Disebut bor Bangka Karena pemakaiannya di Indonesia pertama kali dilakukan di Pulau Bangka untuk eksplorasi bijih timah (kasiterit). Susunan alat bornya terdiri dari suatu alat selubung (casing) diberi platform, di atas mana beberapa orang bekerja. Pada prinsipnya sama dengan bor spiral dan tumbuk. Batang bor terdiri dari pipa masif yang disambung-sambung, dengan berbagai bit :

1. Spiral
2. Senduk
3. Pahat/bentuk pahat (dihubungkan)

Pengambilan contoh dalam hal yang ditumbuk dengan bailer. Sambil bor berjalan, dengan gerakan putar dan tumbuk, casing secara otomatis menurun, karena beban orang di atas platform.

- **Pengamatan Dan Perekaman Data Geologi**

Data geologi yang didapatkan dari pemboran tangan jarang berupa batuan, tetapi pada umumnya berupa tanah atau batuan lapuk, dan sedimen lepas. Contoh yang didapatkan bukan merupakan contoh yang utuh (undisturbed sample), tetapi contoh yang terusik (disturbed sample). Ketelitian lokasi kedalaman contoh tergantung pula dari jenis matabor yang digunakan. Contoh dari bor Spiral berupa tanah/lapukan batuan yang melilit pada spiral, dan mewakili selang kedalaman setiap kali batang bor dimasukkan sampai ditarik

kembali, sehingga selang kedalamannya dapat diatur, apakah setiap 50 cm atau setiap meter, tetapi maksimal tentu sepanjang spiral.

Contoh dari matabor sendok lebih terancam pencampuran, sedangkan yang menggunakan bumbung dengan katup lebih mewakili kedalaman yang tepat. Matabor ini lebih banyak digunakan untuk sedimen lepas, dan setiap contoh mewakili selang kedalaman dari mulai batang dimasukkan sampai ke pencabutan.

Pada sistem bor Bangka, contoh yang diambil lebih terpercaya karena penggunaan pipa selubung yang terus menerus, mengurangi pencampuran dari guguran dinding bor.

Pada umumnya perekaman data berupa litologi, serta batas-batasnya dan dapat dinyatakan dalam penampang berkolom atau profil yang dapat pula disebut sebagai log. Selain itu data kekerasan kualitatif dapat dicatatkan pula, demikian pula data muka air tanah yang dijumpai.

### **5.7.8.3 Bor Mesin Putar**

Bor mesin terdiri dari jenis bor inti (core drill), bor putar biasa (rotary drill) dan bor alir balik (counterflush drill) (Gambar 5.12).

*Sandrill*, dirancang dan diproduksi di Australia untuk pengambilan sampel bukit tingkat tinggi, menembus ke kedalaman 100m dan lebih secara bertahap dari 1,5 juta untuk kedalaman penuh lubang. Tarif pengeboran hingga 30 m per jam adalah umum dalam kondisi baik. The Sandrill dibangun tith sebuah casing luar memiliki pemotong mengeras secara teratur di mana counter rotating flytes menarik sampel uo ke dalam barel sampel. Ekstensi tabung aluminium dilengkapi dengan tabung drive bagian dalam pada bantalan bola.

Mesin ini terdiri dari unit pompa hidrolik bertenaga mesin dengan motor 1- HP yang langsung dipasangkan ke pompa. Unit lengkap dilengkapi dengan gagang tipe tandu dan, dengan reservoir inbuilt, filter dan kontrol, beratnya sekitar 73 kg. Dua pengebor melaksanakan proses fisik te membosankan dan sampling, dua karya sampel membelah dan penebangan sementara orang kelima mengosongkan auger, membersihkan, dan memiliki

siap untuk penggantian saat yang berikutnya muncul. Setiap siklus pengambilan sampel berlangsung antara 2 menit dan 10 menit tergantung pada kedalaman dari mana sampel diambil.

### ***Reverse flow drills***

Adaptasi dari pengeboran auger berlubang, metode ini melibatkan perputaran selubung luar dan dalam sementara air atau udara dipaksa turun anulus antara dua tabung. Cairan kembali ke permukaan melalui ban dalam, menarik sampel dengan itu. Putar air yang dikemas melekat pada ujung atas kedua pipa memungkinkan mereka untuk berputar secara bebas dan mandiri tanpa kehilangan cairan. Kembalikan air ke tangki pengendapan untuk pengambilan sampel udara terkompresi ke pemisah siklon.

Pada model awal , casing bagian dalam disimpan pada ketinggian sekitar 50mm di atas inlet casing sepatu. Tekanan udara atau air kemudian disesuaikan untuk menghindari kehilangan bahan sampel dan untuk mencegah lonjakan. Lumpur pengeboran kadang-kadang digunakan untuk memfasilitasi pemulihan stek dan laju pengambilan sampel berada di urutan 10m per 8 jam shift dengan kedalaman pengeboran hingga 40m di bawah permukaan air.

### ***Vibro drill***

Dalam pengeboran Vibro, sebuah vibrator dengan efek directional mentransmisikan impuls ke perangkat pengeboran yang mungkin berupa auger sekrup, auger shell, tong lumpur atau pahat. Auger ulir digunakan pada tanah lempung gembur dan auger kerang di tanah berpasir yang longgar. Tong lumpur dengan katup kaki didorong oleh perkusi ke tanah berpasir jenuh, kerikil berbutir halus, dan lumpur. Bit pahat digunakan untuk memecah lapisan keras dan batu setelah fragmen dapat diekstraksi menggunakan tong lumpur atau auger shell. Untuk sebagian besar pekerjaan

pasir pantai, impuls-impuls ditransmisikan ke untaian selubung yang memiliki sepatu pemotongan dan ban dalam yang melaluinya jaranan disemprotkan ke permukaan.

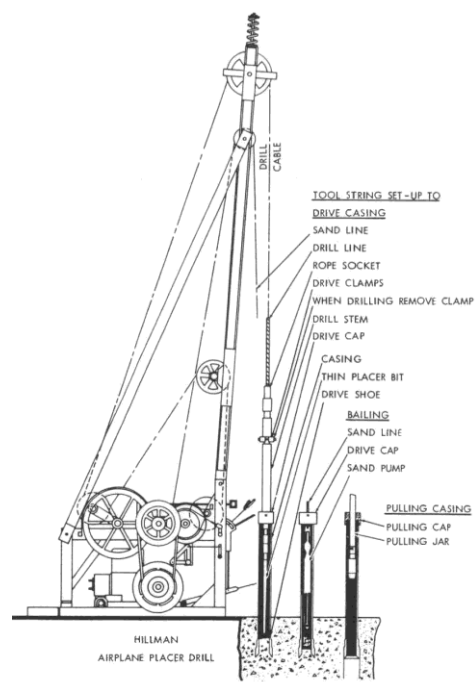


FIGURE 7. — Basic equipment employed in placer drilling. (Courtesy of C. Kirk Hillman Company, Seattle)

Gambar 5.12 Vibro drill

Karena osilasi ada pengurangan yang ditandai dalam tegangan geser antara bumi dan selubung dan bor dengan mudah menembus tanah atau sedimen yang tergenang air di bawah beratnya sendiri. Tingkat penetrasi bervariasi dengan meningkatnya kedalaman dan keterbatasan kedalaman praktis biasanya sekitar 20m. Meskipun tarif mungkin setinggi 5-6m per menit, biaya pengeboran naik tajam dengan meningkatnya kedalaman karena waktu yang dihabiskan dalam menangani bagian casing dan pengambilan

sampel. Metode ini menghadapi banyak kesulitan saat mengebor lempung lengket dan lapisan pasir dan tanah yang berganti-ganti.

Tergantung pada apakah sampel yang terganggu atau relatif tidak terganggu akan dipulihkan, salah satu dari dua jenis utama dapat digunakan. Hill ( 1976) menjelaskan bor bergetar frekuensi rendah untuk mengambil sampel dalam bentuk bubuk dan jenis frekuensi tinggi untuk coring dalam kondisi yang dipilih

#### ***Hammer drill***

*Hammer drill* yang menggunakan mekanisme penggerak tiang untuk menggerakkan casing umumnya efektif untuk menguji kerikil dan material lain yang tidak dapat disampel menggunakan bor vibro . Bor palu 180 'milik Becker telah mengebor pada laju 30-100m per 10 jam pergeseran dalam es dan sampai mengandung banyak batu besar dan sekitar 70m per shift di lepas pantai ( Colp , 1976).

#### **5.7.8.4 Bor Mesin tumbuk (Percussion Drill)**

Mesin bor tumbuk yang biasa disebut “cable tool” atau “spundder ring” dioperasikan dengan cara mengangkat dan menjatuhkan alat bor berat secara berulang-ulang kedalam lubang bor. Mata bor akan memecahkan batuan terkonsolidasi menjadi kepingan kecil atau akan melepaskan butiran-butiran pada material urai. Kepingan atau hancuran tersebut setelah bercampur dengan air di dalam lubang bor akan membentuk campuran lumpur dengan fragmen batuan (slurry) pada bagian dasar lubang bor. Jika di dalam lubang bor tidak dijumpai, maka perlu ditambahkan air guna membentuk slurry. jumlah tertentu akan mengurangi daya tumbuk bor. Bila kecepatan laju pemboran sudah menjadi sangat lambat , slurry harus di angkat kepermukaan dengan menggunakan timba (Bailer) atau “Sand pump”.

## **Jenis-Jenis Mesin Bor Tumbuk**

Ada berbagai jenis mesin bor tumbuk, antara lain :

- A. Cable Tool Drilling Rig
- B. Hammer Drill atau Wagon Drill
- C. Downhole Hammer Drilling Rig
- D. Hammer Drilling Rig with Drive Sampler

### **A. Alat Bor Tumbuk Talikawat (Cable Tool Rig)**

Alat cable tool rig, yang juga disebut churn drilling rig adalah alat bor yang paling tua yang digunakan untuk pemboran minyak maupun eksplorasi mineral, dan kini masih dipakai. Alat ini bentuknya sederhana yang terdiri suatu menara, berbentuk segitiga atau bentuk lain yang pada puncaknya dilengkapi dengan sistim katrol. Pada katrol ini dibentangkan talikawat baja yang disambungkan dengan suatu mesin motor penggerak lewat suatu roda gila sehingga memberikan gerakan turun naik pada ujung talikawat di bawah menara bor ini. Pada ujung talikawat ini digantungkan suatu mata bor berupa pahat yang dilengkapi batang logam sebagai pemberat di atasnya. Penetrasi pada formasi dilakukan dengan menarik talikawat ke atas oleh mesin penggerak, dan kemudian melepaskannya sehingga pahat menumbuk formasi di bawahnya. Setelah gerakan ini dilakukan beberapa kali, maka pahat diganti dengan suatu alat pengambil sampel yang disebut bailer suatu tabung atau bumbung baja yang di bawahnya diberi sistim katup. Dengan menjatuhkannya bailer ini ke dalam lubang maka hancuran batuan ataupun sedimen lepas masuk ke dalam tabung dan terperangkap oleh katup dan dapat diangkat untuk memperolehnya. Air sering dimasukkan ke dalam lubang bor untuk membersihkan lubang, tetapi tidak dalam tekanan yang terlalu tinggi (maksimum 100 l/menit)

### **B. Hammer Drill (Bor Palu)**

Mesin bor yang juga disebut Wagon Drill (Chaucier dan Morer, 1987) itu terdiri dari palu yang bergerak vertikal dan dipasang sepanjang suatu peluncur (slide) yang dipasang pada suatu kendaraan seperti truk atau traktor. Palu ini memukul-

mukul suatu rangkaian batang bor yang pada ujungnya dipasang suatu matabor. Jenis Wagon Drills yang ringan (Atlas BVB) dapat mencapai kedalaman rata-rata 30 meter dan maksimum 50-60 meter. Jenis Wagon Drills yang besar (Atlas Roc 601) rata-rata 70 sampai 100 meter. Sampel yang didapatkan adalah serpihan batuan yang ditiup oleh udara yang dikompresikan melalui pipa bor, dan ditangkan diluar oleh alat khusus yang disebut cyclone sample chamber. Kelemahan dari Wagon Drill adalah perolehan sampel yang kecil (5kg/m), karena diameter lubang yang didapatkan adalah 40-50 mm.

### **C. Down-Hole Hammer Drill (Alat Bor Palu Dalam Lubang)**

Pada alat bor ini palu didapatkan langsung dipasang di atas drive sampler, berbentuk suatu silinder yang bergerak turun naik secara lancar (smooth) dan digerakan oleh udara tertekan dari compressor melalui pipa bor. Mata bor disini dapat pula melakukan gerak rotasi atau putar. Kedalaman rata-rata yang dapat dicapai alat ini adalah 80-100 meter, tetapi dapat pula dirancang untuk mencapai kedalaman 300-1000 meter, dengan menggunakan pipa selubung (casing). Diameter lubang yang dibuat adalah 65-170 mm, sehingga dapat perolehan sampel (sample recovery) yang lebih besar daripada Wagon Drill. Namun biayanya 3 sampai 4 kali biaya pemboran per meter daripada Wagon Drill. Hammer Drill jenis ini diklasifikasikan sebagai bor palu ringan (Light Hammer Drill, Ingersoll type).

### **D. Hammer Drilling Rig with Drive Sampler (Bor Tumbuk dengan Drive Sampler)**

Perkembangan dari bor tumbuk atau percussive drilling adalah pemasangan apa yang disebut drive sampler sebagai pengganti matabor. Alat bor ini hanya cocok dipergunakan untuk lapisan tanah atau sedimen lepas. Alat ini berupa sepotong pipa dengan ujungnya terbuka dan tajam. Tabung baja ini mempunyai bentuk dengan panjang yang berlainan, kurang lebih 91,44 cm dan diameternya (bagian

luar) 7,62 cm. Alat ini dilengkapi dengan cincin (ring) yang gunanya untuk penyesuaian bila diameternya akan mencapai 12,7 cm. Sedangkan pada sampler bagian atas terdapat lubang untuk lewat air/lumpur pemboran, yang dilengkapi

dengan katub pengatur, katub ini gunanya untuk :

- Masuknya lumpur pemboran pada saat diangkat
- Mencegah cebakan udara dan air dalam tabung yang akan menjadi pengganggu naiknya sampel atau rusaknya sampel batuan.

Katub bola pengatur tidak selalu efektif penuh, karena kadang-kadang hal itu akan menyumbat katub dan menahan untuk tetap terbuka. Drive sampler ini yang bertindak sebagai alat bor, mempunyai dinding dengan ketebalan 5 inci, alat ini diselubungi dengan pipa pelindung (casing). Ada beberapa macam peralatan drive sampler, alat ini telah dikembangkan untuk berbagai macam soil, yaitu dengan menggunakan dinding sampler yang tipis. Membuat dinding yang setipis mungkin ini dimaksudkan untuk pengendalian sisipan sampel batuan. Banyak juga drive sampler telah dikembangkan untuk berbagai mekanisme guna mendapatkan sampel batuan sebaik mungkin.

## **5.8 Evaluasi**

Tahapan yang paling sulit dalam eksplorasi endapan plaser yaitu tahapan evaluasi karena potensi kegagalan cukup besar, karena biasanya hasil perhitungannya tidak akurat.

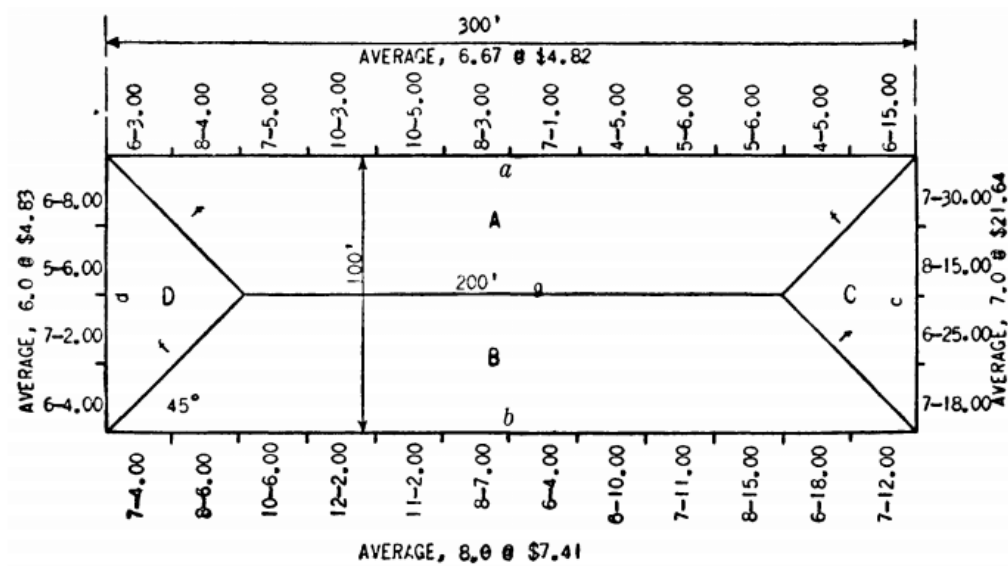
Dunia eksplorasi endapan plaser karena, mengandung mineral berharga dengan nilai ekonomis tinggi misalnya mineral intan ternyata sulit dibuktikan memiliki cadangan lebih besar dibanding nilai ekonomis rendah seperti timah namun cadangannya besar.

## 5.9 Metode Estimasi cadangan

Metode perhitungan estimasi cadangan pada endapan plaser, sebagai berikut :

### 1) The method of block

Langkah awal dilakukan perhitungan bijih pada masing-masing area yang berbeda atau blok yang dibatasi oleh drift, kenaikan, winzes, dan garis besar area. Volume masing-masing blok adalah luasnya dikali ketebalan rata-rata bijih per blok. Volume dibagi dengan faktor volume per ton memberikan ton bijih per blok. Kemudian mengalikan tonase di setiap blok dengan nilai uji rata-rata, menambahkan produk, dan membagi jumlah ini dengan jumlah tonase, hasilnya diperoleh nilai uji rata-rata dari semua blok. Contoh pada gambar 5.13 (Sumber [www.911metallurgist.com](http://www.911metallurgist.com)) .



Gambar 5.13 Metode perhitungan sistem blok

$$\text{Block A. } \frac{300+200}{2} \times \frac{50 \times 6.67}{12} = 6,948 \text{ tons with an average grade of } \$4.82.$$

$$\text{Block B. } \frac{300+200}{2} \times \frac{50 \times 8.0}{12} = 8,333 \text{ tons with an average grade of } \$7.41.$$

$$\text{Block C. } \frac{100 \times 50}{2} \times \frac{7.00}{12} = 1,458 \text{ tons with an average grade of } \$21.64.$$

$$\text{Block D. } \frac{100 \times 50}{2} \times \frac{6.00}{12} = 1,250 \text{ tons with an average grade of } \$4.83.$$

<i>Tons</i>		
6,948	@ \$4.82	\$33,489
8,333	@ 7.41	61,748
1,458	@ 21.64	31,551
1,250	@ 4.83	6,037
17,989	@ 7.38 <sup>1</sup>	132,825

## 2) The triangle method

Beberapa persyaratan dalam menghitung cadangan dengan menggunakan metode triangular, sebagai berikut :

- 1) Nilai Volume = rata-rata kedalaman dari tiga lubang bor x luas segitiga.
- 2) Kandungan mineral berat (emas) rata-rata tertimbang = nilai emas masing-masing dari tiga lubang bor x kedalaman masing-masing lubang dan dibagi dengan jumlah kedalaman tiga lubang.
- 3) Total volume sama dengan penjumlahan nilai pada langkah (1).
- 4) Total kandungan mineral berat (emas) = total volume pada langkah (3) x nilai rata-rata dari langkah (2).
- 5) Nilai rata-rata = Total kandungan mineral berat (emas) pada langkah (4) dibagi dengan volume total pada langkah (3).

### **(3) The polygonal method**

Metode polygon umumnya digunakan pada semua endapan termasuk endapan primer. Beberapa persyaratan dalam menghitung cadangan, sebagai berikut :

- 1) Total volume = Jumlah volume masing-masing poligon.
- 2) Temukan volume poligon dengan mengalikan luas poligon dikali kedalaman lubang bor.
- 2) Total kandungan mineral berat (emas) = Jumlah nilai setiap lubang bor dikalikan dengan Volume dari setiap poligon.
- 3) Nilai rata-rata = nilai pada langkah (2) dibagi dengan nilai pada langkah (1).

Catatan : Apabila bentuk area setiap poligon tidak beraturan dapat dilakukan dengan menggunakan planimeter atau dengan membagi poligon menjadi segitiga atau persegi panjang.

### **(4) The method Traverse**

Metode traverse sangat mirip dengan segitiga dan dapat digunakan sebagai mengoreksi :

- 1) Tentukan bagian-bagian lintasan yang representatif
- 2) Luas lintasan adalah rata-rata kedalaman lubang bor dikali jarak antara lubang bor.
- 3) Volume total bagian antara dua lintasan adalah setengah dari jumlah area semua lintasan individu, A dan B, dikalikan jarak antar lintasan.
- 4) Bagian kandungan mineral berat (emas) adalah volume bagian dikali nilai rata-rata antara dua lintasan.
- 5) Total kandungan mineral berat (emas) adalah jumlah dari kandungan mineral berat (emas) setiap bagian.
- 6) Nilai rata-rata adalah nilai pada langkah (4) dibagi dengan nilai pada langkah (2).

### **(5) the method of diamonds**

Cara menghitung dengan Metode Diamond hampir sama dengan metode segitiga. Persyaratannya bahwa Lubang bor terletak di tengah (diamond) dan apeks di tengah antara lubang bor di garis yang berdekatan. Metode ini paling baik digunakan untuk lubang dengan jarak yang teratur, karena luas total = jumlah semua diamond (bentuk segitiga siku-siku).

Beberapa langkah perhitungan yang dilakukan sebagai berikut :

- 1) Tetapkan terlebih dahulu nilai kadar ekonomis dari mineral berat (emas)  
Total volume = luas setiap berlian dikali kedalaman setiap lubang melalui zona ekonomis.
- 2) Nilai total mineral berat (emas) = Jumlah nilai emas di setiap lubang bor dikalikan volume masing-masing diamond.
- 3) Untuk menemukan nilai per meter kubik (yard kubik), bagilah nilai pada langkah (2) dengan nilai pada langkah (1).

### **5.10 Endapan Timah Plaser**

Sub bab ini, khusus dibahas tentang eksplorasi endapan timah plaser yang merupakan sejarah eksplorasi pertama di Indonesia dilakukan pada abad 18, saat itu untuk pertama kalinya diperkenalkan alat pemboran yang dikenal dengan nama Bor Bangka. Alat bor tipe manual ini pernah menembus endapan timah aluvial sampai kedalaman 40 meter.

Berdasarkan genesanya terdapat dua jenis endapan timah, yaitu :

- Endapan Timah Primer, umumnya terdapat pada batuan granit
- Endapan Timah Sekunder, melalui proses pembentukan endapan plaser

**Endapan Timah Primer.** Cassiterite ( $\text{SnO}_2$ ) adalah bijih utama endapan timah ini ditemukan dalam urat hidrotermal dan pegmatite yang berasosiasi dengan intrusi granit. Sebarannya membentang dari Myanmar Tengah hingga

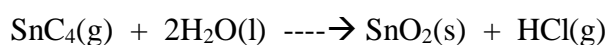
Paparan Sunda merupakan kelurusan sejumlah intrusi batholit. Batuan induk yang mengandung bijih timah (Sn) adalah granit, adamelit, dan granodiorit. Batholit yang mengandung timah (Sn) pada daerah Barat ternyata lebih muda (Akhir Kretasius) daripada daerah Timur (Trias). Endapan timah di Indonesia merupakan bagian jalur timah Asia Tenggara (The South East Tin Belt), jalur timah terkaya di dunia yang membentang mulai dari selatan China, Thailand, Birma, Malaysia sampai Indonesia.

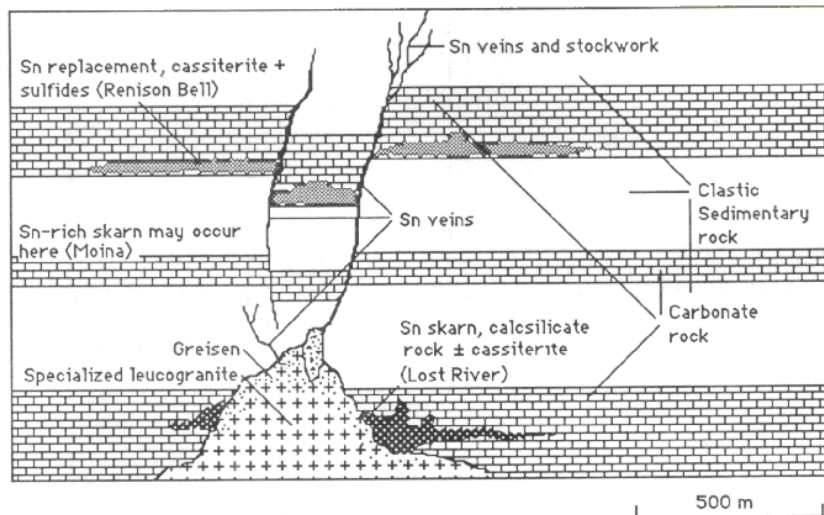
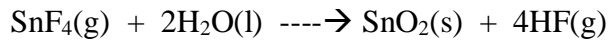
Ketika intrusi magma granitik memasuki tahap pendinginan maka larutan akhir dalam proses tersebut adalah air (H<sub>2</sub>O) terkonsentrasi ada bagian atas magma, baik dalam bentuk gas maupun cair, bergerak melalui pori-pori atau retakan. Karena tekanan dan temperatur berubah, maka terjadilah proses kristalisasi yang akan membentuk endapan dan batuan sampling.

Sedangkan cassiterite yang memiliki titik leleh rendah dan merupakan logam paling akhir keluar dari larutan magma yang kaya akan kristal cassiterite dalam bentuk vuggy quartz. Ini disebut pula endapan greisen.

Greisen, umumnya adalah batuan granitoid di mana lebih dari 90% mineral feldspar mengalami proses replacement oleh mineral kuarsa, mika, topaz, cassiterite dan mineral lainnya.

Terbentuk oleh alterasi dalam batuan granit dan termasuk tipe hidrotermal - endoskarn. Kadang-kadang endapan greisen tertutupi oleh pegmatite, terbentuk di dekat bagian atas dari granit pluton, meskipun kurang ekonomis namun tubuh bijih yang terbentuk adalah Sn - W - Mo. Jenis endapan logam ini berkorelasi erat dengan jenis granit dan terbentuknya batuan dari berbagai sumber magma. Endapan timah primer juga dijumpai dalam bentuk endapan skarn, endapan pneumatolitis (Gambar 5.14). Dalam proses magma chamber mineral cassiterite mengalami transportasi dalam bentuk gas Tinchloride (SnCl<sub>4</sub>) atau Tin-fluoride (SnF<sub>4</sub>) yang kemudian bereaksi dengan air membentuk Tin-oxide (SnO<sub>2</sub>) atau cassiterite dalam asam klorida atau asam fluoride, seperti reaksi berikut :





Gambar 5.14 Endapan timah (Sn) primer

[http://www.australianminesatlas.gov.au/education/fact\\_sheets/t](http://www.australianminesatlas.gov.au/education/fact_sheets/t)

**Endapan Timah Sekunder.** Endapan sekunder (placer dan konsentrasi residu) berasal dari pelapukan dan erosi endapan timah primer. Alasan utama bahwa mineral cassiterite secara kimia resisten terhadap pelapukan, berat dan mudah membentuk konsentrasi plaser residu.

Endapan timah plaser yang didasarkan atas konsep lingkungan pengendapan sedimen dan proses yang terjadi (Osberger, 1968, dalam Batchelor, 1973) yaitu :

- Sumber batuan yang mengandung endapan primer kaya akan kasiterit
- Pelapukan yang kuat sehingga mampu membebaskan mineral kasiterit dengan mineral lainnya.
- Gerakan masa batuan yang lapuk sepanjang lereng

- Konsentrasi mekanis material lepas yang terjadi secara selektif dan diendapkan kedalam suatu cekungan.
- Terhindar dari proses erosi selanjutnya

Berdasarkan lokasi pengendapannya endapan bijih timah sekunder dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Endapan Eluvial - Eluvium: mengacu pada mineral cassiterite yang terkonsentrasi oleh pelapukan in situ atau proses pelapukan disertai disintegrasi batuan sampling, perpindahan mineral cassiterite secara gravitasi vertikal atau horizontal dan terakumulasi residu.

Ciri-ciri endapan elluvial adalah sebagai berikut :

- Terdapat dekat sekali dengan sumbernya
- Tersebar pada batuan sedimen atau batuan granit yang telah lapuk
- Ukuran butir agak besar dan angular

2. Endapan Kolovial (Colluvial – Colluvium) : merujuk pada mineral cassiterite yang terkonsentrasi dalam sedimen dan tidak terkonsolidasi kemudian diendapkan di dasar lereng bukit (*rainwash, sheetwash, creep downslope*) secara kontinu maupun lambat atau terjadi secara bersamaan.

Ciri-cirinya :

- Butiran agak besar dengan sudut runcing
- Biasanya terletak pada lereng suatu lembah

3. Endapan alluvial - Alluvium : proses transportasi dan terkonsentrasi oleh pergerakan air pada aliran atau di sungai dimana mineral berat dengan ukuran butiran yang lebih besar diendapkan dekat dengan sumbernya, sedangkan mineral-mineral yang berukuran lebih kecil diendapkan jauh dari sumbernya.

Ciri-cirinya :

- Terdapat di daerah lembah

- Mempunyai bentuk butiran yang membundar
4. Endapan Miencan - terjadi akibat pengendapan yang selektif secara berulang-ulang pada lapisan tertentu.

Ciri-cirinya :

- Endapan berbentuk lensa-lensa
- Bentuk butiran halus dan bundar

5. Endapan Disseminated

Endapan bijih timah yang terjadi akibat transportasi oleh air hujan. Jarak transportasi sangat jauh sehingga menyebabkan penyebaran yang luas tetapi tidak teratur.

Ciri-cirinya :

- Tersebar luas, tetapi bentuk dan ukurannya tidak teratur
- Ukuran butir halus karena jarak transportasi jauh
- Terdapat pada lapisan pasir atau lempung

Meskipun sebagian besar endapan timah diperoleh dari penambangan bijih cassiterite, juga terdapat jenis mineral yang memiliki kandungan unsur timah, sebagai berikut :

1. Cassiterite ( $\text{SnO}_2$ )

Cassiterite adalah sumber mineral untuk menghasilkan logam timah oksida berbentuk kristal dengan banyak permukaan mengkilap sehingga tampak seperti batu perhiasan. Kristal tipis cassiterite tampak translusen.

Mineral - mineral yang ditemukan bersama dengan cassiterite, yaitu :

- Tourmaline,
- Topaz,
- Fluorite,
- Apatite,

- Wolframite,
- Molybdenite,
- Arsenopyrite

## 2. Stannite ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_{14}$ )

Stannite adalah mineral sulfida dari tembaga, besi dan timah. merupakan salah satu mineral yang dipakai untuk memproduksi timah. Stannite mengandung sekitar 28% timah, 13% besi, 30% tembaga, dan 30% belerang. Stannite berwarna biru hingga abu-abu.

## 3. Cylindrite ( $\text{Pb}_2\text{Sn}_4\text{FeSb}_2\text{S}_{14}$ )

Cylindrite merupakan mineral sulfonat yang mengandung timah, timbal, antimon, dan besi. Cylindrite berbentuk kristal pinakoidal triklinik dimana biasanya berbentuk silinder atau tube dimana bentuk nyatanya adalah gulungan dari lembaran kristal ini. Warna cylindrite adalah abu-abu metalik dengan spesifik gravity 5,4.

### 5.10 Eksplorasi Endapan Timah

Eksplorasi merupakan salah satu kegiatan untuk mengetahui :

1. Kadar ( %, gram/ton,  $\text{kg/m}^3$ , kalori )
2. Bentuk endapan
3. Kedalaman endapan
4. Penyebaran ( lateral, vertikal )
5. Posisi endapan ( miring, datar, vertikal )
6. Sifat-sifat fisik endapan ( lunak, keras )
7. Sifat-sifat batuan sampling
8. Jumlah cadangan

Macam – macam metode di dalam teknik eksplorasi :

1. Metode pemetaan geologi
2. Metode geokimia

3. Metode geofisika
4. Metode *pit, trench, strip*
5. Metode pemetaan tambang
6. Metode pemboran, bor Bangka

Perhitungan cadangan :

- Area of influence, triangular grouping, cara penampang, cara block system dan lain sebagainya.
- Geostatistik (kriging).

### **E. Operasional Penambangan ( Eksploitasi )**

Didalam proses penambangan timah dikenal 2 jenis penambangan yang dikenal di Bangka Belitung :

#### **a. Penambangan Lepas Pantai**

Menggunakan kapal keruk untuk operasi produksi didaerah lepas pantai (*off shore*). Armada kapal keruk mempunyai kapasitas mangkok (*bucket*) mulai dari ukuran 7 cuft sampai dengan 24 cuft. Kapal keruk dapat beroperasi mulai dari kedalaman 15 meter sampai 50 meter di bawah permukaan laut dan mampu menggali lebih dari 3,5 juta meter kubik material setiap bulan. Setiap kapal keruk dioperasikan oleh karyawan yang berjumlah lebih dari 100 karyawan yang waktu bekerjanya terbagi atas 3 kelompok dalam 24 jam sepanjang tahun.

Hasil produksi bijih timah dari kapal keruk diproses di instalasi pencucian untuk mendapatkan kadar minimal 30% Sn dan diangkut dengan kapal tongkang untuk dibawa ke Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPBT) untuk dipisahkan dari mineral ikutan lainnya selain bijih timah dan ditingkatkan kadarnya hingga mencapai persyaratan peleburan yaitu minimal kandungan Sn adalah 70% sampai 72%.

**b. Penambangan Timah Darat - Gravel Pump**

Penambangan darat dilakukan menggunakan pompa semprot (gravel pump). Contoh kasus endapan plaser pada sungai utama cara penambangannya sangat tergantung pemanfaatan sumber daya air dalam volume besar, polanya disebut dengan kolong atau danau.

## **BAB 6**

### **METODE PENAMBANGAN**

#### **6.1 Prinsip Sebelum Penambangan**

Sebelum penambangan ada beberapa pertimbangan yang menjadi acuan tentang prinsip terbentuknya dan lingkungan geologi endapan plaser. Kata plaser mengandung arti spesifik yaitu alluvium yang dibentuk oleh proses sedimentasi yang menyebabkan konsentrasi pasir, kerikil, mineral-mineral logam dan batu-batu hias selama periode waktu panjang. Ini diartikan bahwa kuantitas material plaser melebihi dari jumlah mineral berat yang terkonsentrasi atau bahkan sebaliknya. Sedangkan lingkungan geologi mengandung arti bahwa sumber batuan asal dan kondisi geomorfologinya saling mempengaruhi dalam proses pengendapan.

Beberapa prinsip yang dimaksud, sebagai berikut :

- Batuan sebagai sumber geologi, yang menentukan diendapkannya jenis-jenis mineral di dalam plaser.
- Iklim dan kondisi kimiawi, merupakan gabungan penentu terjadinya tingkat dan bentuk mineral-mineral setelah dibebaskan dari sumbernya.
- Kondisi geometris dan batas permukaan, yang mencerminkan kendala-kendala fisik pada saat transportasi dan pengendapan.
- Unsur-unsur perubahan lingkungan, yang mengubah pola penyebaran mineral.

#### **6.2 Jenis Penggalian**

Tambang aluvial adalah tambang terbuka yang berdasarkan cara penggaliannya, dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

1. Panning & Sluicing

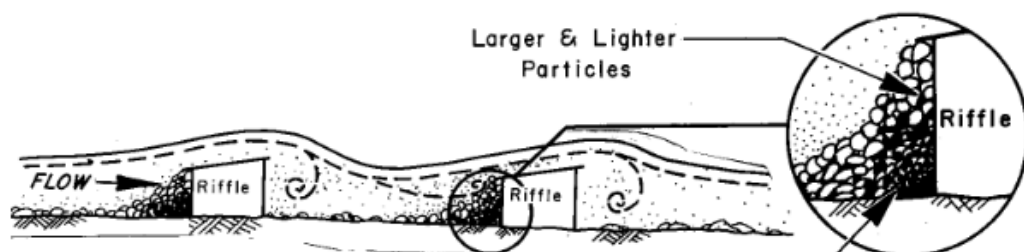
2. Tambang Semprot (Hidraulicking)
3. Dredging

### 6.2.1 Panning and Sluicing

Pan gold termasuk konsentrator emas tertua yang banyak digunakan. Tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran namun di Amerika memiliki ukuran standar diameter 15 inci sampai 18 inci pada bagian atas dan dalamnya berukuran 2 inci sampai 2,5 inci dengan sisi miring 30 derajat sampai 40 derajat.

Metode ini merupakan cara penambangan tradisional atau manual dengan menggunakan peralatan sederhana seperti dulang/pan, tenaga manusia atau hampir tidak menggunakan tenaga mesin atau alat mekanis. Karena pada umumnya menggunakan dulang sehingga cara ini biasa juga disebut dengan panning. Metode ini sering juga digunakan pada tahap eksplorasi yaitu sebagai metode sampling pada endapan placer.

Sluice atau kotak dialiri air didefinisikan sebagai saluran buatan yang jumlah airnya dapat dikontrol. Merupakan metode tertua yang mengandalkan air dan gravitasi untuk memisahkan partikel emas atau logam lainnya. Kotaknya umumnya dibuat dari kayu, pada Negara-negara tropis karena erediaan kayu cukup mudah didapat lebih banyak menggunakan bahan kayu ada pula yang menggunakan bahan dari aluminium, plastik atau baja terutama di Negara maju. Panjang *sluice* biasanya 12 kaki panjang dan lebarnya satu kaki, efisiensi ukuran berbentuk menyempit pada ujungnya dan berbentuk miring dengan ukuran 4 inci sampai 18 inci dengan jarak per 12 kaki, iasanya 1-1 / 8 hingga 1-3 / 4 inci per kaki, tergantung pada jumlah air yang tersedia, ukuran bahan yang diproses dan ukuran partikel emas. Dibagian kotak terdapat *riffle* berfungsi menahan material yang mengalir bersama air dan berfungsi sebagai perangkap partikel-partikel berat akibatnya riffle juga berfungsi menimbulkan arus turbulensi. Arus turbulensi menyebabkan partikel berat jatuh ke perangkap (Gambar 6.1).



Gambar 6.1 Classifying action of riffles in a sluice. Modified from Pryor (1963).

Mekanisme dasar pemisahan mineral dari material pengotornya adalah perbedaan berat jenis (*specific gravity*) dan aliran atau putaran air ketika dulang digoyang-goyangkan dengan arah memutar. Material pengotor dengan berat jenis lebih ringan dibandingkan butiran emas (berat jenis: 14 - 19) akan terlempar keluar, sedangkan butiran emas tetap tertinggal pada dasar dulang (*pan*). Kelemahan cara ini adalah tingkat perolehan yang masih rendah, walaupun proses ini sangat ditentukan oleh ketrampilan pendulang. Namun demikian, pada umumnya masih banyak butiran emas yang halus dan berbentuk pipih ikut terbuang dengan material pengotornya. Cara penambangan ini dapat dilakukan baik secara individu maupun secara berkelompok.

### **6.2.2 Tambang Semprot (Hydraulic Mining)**

Persyaratan cara penambangan tambang semprot tersedianya volume air yang cukup banyak, baik untuk tahapan penambangan maupun tahapan pengolahan. Penggalian dilakukan dengan menggunakan semprotan air yang bertekanan tinggi yang berasal dari penyemprotan yang disebut monitor (*water jet* atau *giant*). Tekanan aliran (rata-rata minimal 10 atm) air yang dihasilkan oleh monitor diatur sesuai dengan ukuran material bahkan untuk mencapai produksi tinggi digunakan lebih dari satu alat penyemprot kadang pula dibantu dengan menggunakan *backhoe* atau *buldozer*. Material hasil semrotan diangkut ke instalasi pengolahan menggunakan air yang digerakkan dengan pompa..

Sebelum menambang deposit placer dengan melakukan hidraulik, beberapa hal penting yang perlu diketahui, sebagai berikut :

1. Luas dan kedalaman endapan, nilai rata-rata per cubic yard. Distribusi dan sifat kandungan mineral yang berharga. Nilai minimum ekonomi per yard kubik sepenuhnya tergantung pada kondisi endapan.
2. Pasokan air yang tersedia dan sumber tekanan yang dimiliki, karena ini merupakan dasar untuk memperkirakan volume penambangan per hari.
3. Total panjang parit, flume dan jalur pipa yang dibutuhkan untuk proses membawa air dalam jumlah besar di permukaan.
4. Sifat dan kekerasan batuan dasar serta kedalamannya dari permukaan.
5. Ketinggian pipa pembuangan atau pembuangan tailing dan juga area yang tersedia sehingga ketika tailing dibuang tidak akan mengganggu operasi penambangan.

Metode hidrolis yaitu cara pengambilan material dengan menggunakan tenaga hidrolis (semprotan air) dengan menggunakan kombinasi pompa dan hydraulic/giant (monitor). Syarat utama dari metode ini adalah tersedianya air yang cukup. Material hasil penggalian ditampung dalam suatu sumuran. Selanjutnya dipompa ke sebuah instalasi yang disebut jig.

Contoh persyaratan dasar untuk tambang hidrolis pada penambangan timah (Gambar 6.1) adalah:

- a. Merupakan endapan aluvial dengan ciri-ciri lunak, lebar terbatas, dan terbetuk di dekat permukaan.
- b. Terdapat persediaan air yang cukup.
- c. Kadar endapan bijihnya lebih besar dari 2.5 kW Sn.

Kualitas yang berbeda dari endapan *placer* sehingga memungkinkan dikategorikan sebagai ekstraksi *aqueous* adalah :

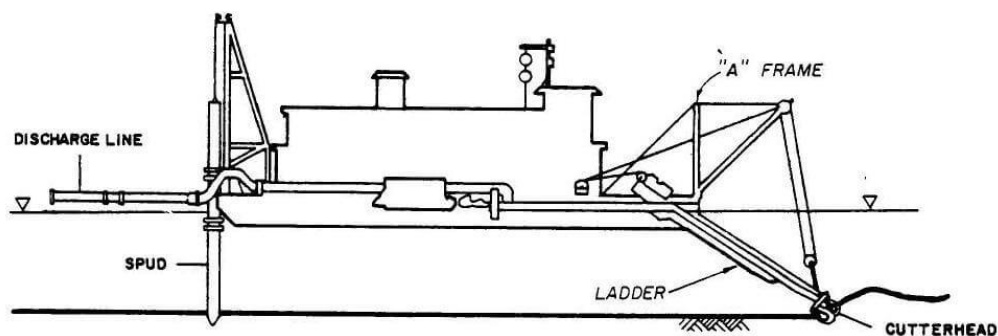
- 1) Material di tempat memungkinkan terdesintegrasi oleh aksi tekanan air (atau aksi mekanik ditambah hidrolis).
- 2) Ketersediaan *supply* air pada *head* yang diperlukan.
- 3) Ketersediaan ruang untuk penempatan *waste*.

- 4) Konsentrasi berat adalah mineral yang berharga, memungkinkan ke pengolahan mineral sederhana.
- 5) Pada umumnya, *gradient* alamiah dan rendah sudah memungkinkan transportasi hidrolik dari mineral.
- 6) Dapat mematuhi peraturan-peraturan lingkungan yang berhubungan dengan air dan pembuangan *waste*.

Tinggi jenjang yang disemprot pada umumnya berkisar antara 5–15 m, tetapi dapat mencapai 60 m (Morrison & Russell, 1973).

Contoh klasifikasi dari monitor pada tambang semprot dapat dilihat sebagai berikut :

- Diameter *nozzle* 40–150 mm
- *Head* 30–140 N/cm<sup>3</sup> atau 300–1400 kPa
- Debit 30–250 liter/detik
- Debit *water jet* :  
Pasir 0,15 m/detik  
Kerikil (*gravel*) 1,5 m/detik  
Boulders 3,0 m/detik



Gambar 6.1 .Tipe hidraulik (sumber :<http://www.pilebuck.com/dredging>)

### 6.2.3 Dredging

Penambangan dengan kapal keruk dikenal dengan istilah Mesin Gali mangkok (MGM) digunakan bila endapan yang akan digali terletak di bawah permukaan air, misalnya di lepas pantai, sungai, danau atau lembah dimana tersedia banyak air.

Berdasarkan alat gali cara pengambilan material dengan menggunakan peralatan kapal keruk (dregg) dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu :

- Multi bucket dredge yaitu kapal keruk yang alat-galinya berupa rangkaian mangkok (bucket).
- Cutter suction dredge, yaitu kapal keruk dengan alat-gali berupa pisau pemotong yang menyerupai bentuk mahkota.
- Bucket wheel dredge, yaitu kapal keruk yang dilengkapi dengan timba yang berputar (bucket wheel) sebagai alat-gali.

Syarat utama dari metode ini adalah harus tersedianya cukup air untuk mengapungkan kapal keruk. Kapal keruk ini dapat dioperasikan di lepas pantai (offshore mining) atau laut, pantai dan sungai, juga dapat dioperasikan di daratan yang berair. Kapal keruk digunakan pada endapan aluvial atau placer seperti emas, timah putih dan lain-lain. Contoh penggunaan kapal keruk adalah seperti di tambang timah di Pulau Bangka Belitung dan di Pulau Singkep. Pengerukan pasir di sungai-sungai atau di laut.

Kapal keruk dapat digolongkan menjadi tiga jenis jika ditinjau dari medan operasinya:

- a. Kapal keruk laut
- b. Kapal keruk darat
- c. Kapal keruk amfibi

Jika ditinjau dari cara kerjanya penggaliannya kapal keruk dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

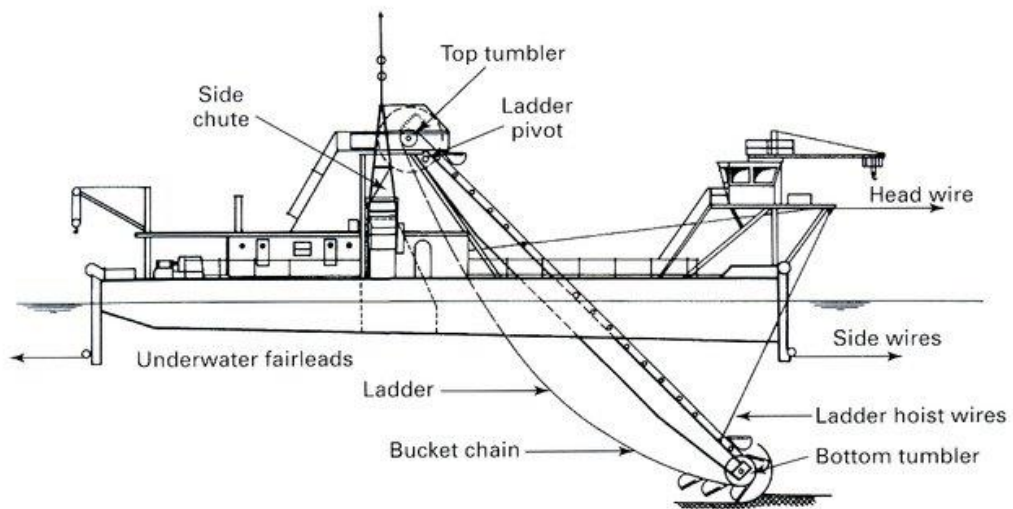
- a. Kapal keruk mesin gali mangkok (MGM)
- b. Kapal keruk mesin gali isap (MGI)
- c. Grabe dan Dipper

Perbedaan utama antara kapal keruk jenis MGM dan jenis MGI adalah dalam peralatan penggalian dan perlengkapan pencucian bijih timahnya. Peralatan gali pada kapal keruk jenis MGM berupa rangkaian mangkuk-mangkuk sedangkan pada jenis MGI berupa Cutter dan pompa isap. Peralatan pencucian kapal keruk jenis MGM pada umumnya berupa peralatan yang meliputi rotary screen dan jig yang diletakkan di atas ponton. Sedangkan kapal keruk jenis MGI umumnya berupa Sluice Box (shakar atau palong) atau jig dan meja goyang yang diletakkan diluar ponton (di luar kapal).

*Dredges* dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Turner, 1975).

- 1) Mekanik
  - a. *Bucket line (endless chain of buckets revolving along ladder).*
  - b. *Bucket –wheel suction (buckets discharge in suction pipeline).*
  - c. *Dripper (showel, grapple, or dragline mounted on barge).*
- 2) Hidraulik
  - a. *Suction (open intake suction line).*
  - b. *Cutter head (excavation by rotating cutter on suction line).*

METODE	KELEBIHAN	KEKURANGAN
<b>Panning and sluicing</b>	a. Membutuhkan modal yang minim untuk menambang	a. merusak lingkungan
	b. Keuntungan langsung diperoleh oleh masyarakat sekitar daerah tambang	b. sarang penyakit bila terlalu banyak yang menambang
<b>Metode Hidrolika (Hydraulicking)</b>	a. Produktivitas tinggi	a. Kerusakan lingkungan yang parah khususnya dapat mencemari air
	b. Pertambangan rendah biaya	b. Terbatas untuk deposito yang dapat diserang dengan hidrolik
<b>Metode Kapal Keruk (Dredging)</b>	a. Paling produktif dari semua metode	a. Lingkungan yang parah kecuali perlindungan yang rumit dieksekusi kerusakan (dilarang di beberapa negara bagian)
	b. Terendah pertambangan biaya	b. Terbatas untuk deposito yang tidak dikonsolidasi yang hancur diserang hidrolik atau gabungan
	c. Laju produksi tinggi ( 7 millioon m3)	c. Tinggi modal investasi dengan kapal keruk besar



Gambar 6.7 Main features of a bucket ladder dredger (after Bray et al 1997).

## **Profil Penulis**

Dr. Adi Tonggiroh ST.MT. Menamatkan Sarjana Teknik Geologi pada Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin tahun 1993. Sejak Tahun 1994 – 1998 melakukan penelitian sumberdaya mineral logam di seluruh Provinsi di Indonesia dengan sponsor pemerintah daerah dan beberapa perusahaan asing. Melanjutkan pendidikan Magister Teknologi Ilmu Kebumihan bidang Eksplorasi Sumberdaya Mineral ITB tamat tahun 2000, dan pada tahun yang sama menjadi dosen tetap di Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Selanjutnya menamatkan Program Doktor bidang Geokimia Fakultas Mipa Universitas Hasanuddin dan Griffith University Brisbane Australia, Tamat Tahun 2011. Sampai saat ini menjadi Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Penelitian Geokimia Lingkungan, aktif melakukan penelitian geokimia mineral, geokimia lingkungan dan geokimia pantai.

Dr. Ir. Irzal Nur.MT. Menamatkan Sarjana Teknik Geologi pada Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin tahun 1991. Sejak Tahun 1989 – 1993 menjadi Direktur PT. Adco Murino dalam penelitian sumberdaya mineral industri di seluruh wilayah Provinsi Sulawesi Selatan dan Tahun 1993 – 1997 Ketua Tim peneliti pemetaan mineral logam dan ikutannya dengan sponsor berbagai perusahaan luar negeri dan dalam negeri termasuk Dinas Pertambangan Sulawesi Tengah, Dinas Pertambangan Sulawesi Selatan. Tahun 2002 mendapat kepercayaan dari Dinas Pertambangan Gorontalo sebagai Ketua Tim pemetaan mineral non logam dan logam termasuk endapan emas primer dan emas sekunder di seluruh Wilayah Administrasi Provinsi Gorontalo. Tahun 1997 menjadi dosen tetap pada Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Tahun 1998 Melanjutkan pendidikan Magister Teknologi Ilmu Kebumihan bidang Eksplorasi Sumberdaya Mineral ITB tamat tahun 2000. Selanjutnya menamatkan Program Doktor bidang Endapan Mineral Fakultas Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, Tamat Tahun 2012. Sampai saat ini menjadi Kepala Laboratorium Teknik Eksplorasi Departemen Pertambangan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin, aktif sebagai tenaga ahli bidang sumberdaya mineral  
Pemerintah Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan dan aktif sebagai  
peneliti independen.