

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Eksplorasi

Eksplorasi adalah suatu aktivitas untuk mencari tahu keadaan suatu daerah, ruang ataupun suatu area yang sebelumnya tidak diketahui keberadaannya. Pada studi ini penulisan ditekankan pada kegiatan eksplorasi *placer*, di mana kegiatan ini meliputi penelitian mengenai sebaran, ketebalan endapan akibat pelapukan batuan asal, bentuk endapan sampai dengan perhitungan sumberdaya.

3.1.1 Metode Eksplorasi

Metode eksplorasi sendiri dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu langsung dan tak langsung, hal ini dikarenakan dalam kegiatannya eksplorasi dapat dilakukan dengan atau tanpa mengamati objek secara langsung, dikarenakan kondisi maupun kenampakan fisik dari suatu mineral bahan galian tidaklah sama dan disamping itu keberadaannya sangat berbeda bergantung pada jenis endapan bahan galiannya.

3.1.1.1 Metode Eksplorasi Langsung

Metode eksplorasi langsung adalah metode yang melakukan pengamatan langsung di permukaan bumi mengenai segala aspek informasi yang berkaitan dengan tujuan kegiatan eksplorasi.

3.1.1.2 Metode Eksplorasi Tak Langsung

Sedangkan metode tak langsung dilakukan apabila pengamatan secara kasat mata (*megaskopis*) tidak dapat dilakukan akibat dari kondisi alam, letak endapan maupun jenis dari bahan galiannya, adapun hasil dari kegiatan ini adalah munculnya suatu anomali yang dapat ditafsirkan sebagai gejala geologi yang dilacak. Eksplorasi tak langsung dapat dilakukan dengan metode geofisika dan geokimia.

3.1.2 Tahapan Eksplorasi

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 4726 – 2011) penyelidikan geologi umumnya dilaksanakan melalui tiga tahap sebagai berikut: prospeksi, eksplorasi umum, dan eksplorasi rinci. Tujuan penyelidikan geologi ini adalah untuk mengidentifikasi pemineralan (*mineralization*), menentukan ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitas dari pada suatu cebakan mineral untuk kemudian dapat dilakukan kajian kemungkinan dilakukannya investasi.

Tahap penyelidikan menentukan tingkat keyakinan geologi dan kelas sumber daya endapan yang dihasilkan, adapun urutan kegiatan eksplorasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 4726 – 2011) adalah sebagai berikut :

a. Prospeksi (*prospecting*)

Tahapan eksplorasi dengan jalan mempersempit daerah yang mengandung cebakan mineral yang potensial. Metode yang

digunakan adalah pemetaan geologi untuk mengidentifikasi singkapan, dan metode yang tidak langsung seperti studi geokimia dan geofisika dengan skala yang diperlukan. Paritan yang terbatas, pengeboran dan pemercontohan mungkin juga dilaksanakan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi suatu cebakan mineral yang menjadi target eksplorasi selanjutnya. Estimasi kuantitas diinterpretasi data geologi, geokimia dan geofisika.

b. Eksplorasi umum (*General Exploration*)

Tahapan eksplorasi yang merupakan definis awal dari suatu cebakan yang teridentifikasi. Selanjutnya metode yang digunakan termasuk pemetaan geologi, pemercontoh dengan jarak yang lebar, membuat paritan dan pengeboran untuk evaluasi pendahuluan kuantitas dan kualitas dari suatu cebakan. Interpolasi bisa dilakukan dengan secara terbatas berdasarkan metode penyelidikan tak langsung. Tujuannya adalah menentukan gambaran geologi suatu cebakan mineral berdasarkan indikasi sebaran, perkiraan awal mengenai ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitasnya.

c. Eksplorasi rinci (*Detailed Exploration*)

Tahap eksplorasi untuk mendeliasi secara rinci dalam 3-dimensi terhadap cebakan mineral yang telah diketahui dari percontohan singkapan, paritan, lubang bor, *shafts* dan terowongan. Jarak pemercontoh sedemikian rapat sehingga ukuran, bentuk, sebaran,

kuantitas dan kualitas dan ciri-ciri yang lain dari cebakan mineral tersebut dapat ditentukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

3.1.2.1 Desain Eksplorasi

Untuk melaksanakan kegiatan eksplorasi di lapangan agar didapatkan data yang baik dan benar, maka dibutuhkan suatu desain yang tepat. Hal yang paling mendasar dalam desain eksplorasi yaitu pola – pola dasar tertentu yang disesuaikan dengan kondisi genesis endapan dan keadaan morfologi daerah setempat.

Desain eksplorasi adalah suatu rancangan yang digunakan untuk menentukan tempat pengambilan contoh yang dianggap *representative* serta paling baik, hal ini sesuai dengan salah satu dari tujuan eksplorasi. Dari contoh tersebut diharapkan akan dapat diperoleh informasi mengenai kualitas dan kuantitas suatu endapan bahan galian. Dengan demikian, desain eksplorasi mempunyai arti sebagai kegiatan perencanaan yang pada dasarnya meliputi :

- a. Penentuan pola dasar letak lubang eksplorasi dan lokasi pengambilan contoh
- b. Penentuan jumlah pengambilan contoh
- c. Metode pengambilan contoh

Faktor – faktor penting yang mendasar di dalam pemilihan pola dasar eksplorasi adalah sebagai berikut :

- a. Keadaan permukaan (*surface*) atau topografi

- b. Keadaan bawah permukaan (*sub surface*) atau bentuk endapan bahan galian

Sedangkan pola – pola dasar yang sering digunakan dalam kegiatan eksplorasi adalah sebagai berikut :

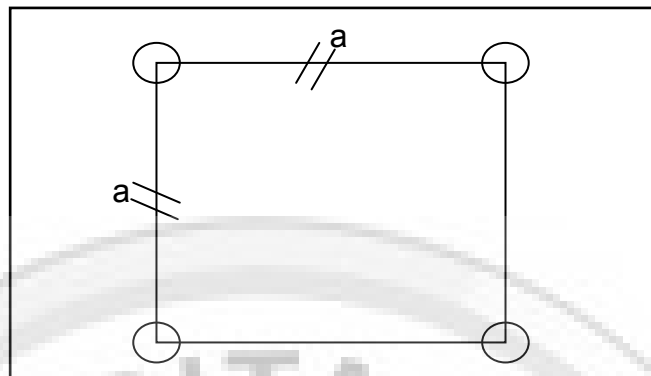
- a. Pola Dasar Bujur Sangkar (*Square Pattern*)

Pola dasar ini diperuntukkan bagi kondisi seperti berikut :

1. Keadaan permukaan (topografi) mendatar atau berupa pedataran
2. Kondisi mineralisasi *homogen* (teratur)

Pola ini sangat baik untuk endapan yang terletak hampir mendatar, endapan *placer* yang sebarannya secara *lateral* merata dan beberapa jenis endapan yang memiliki tubuh bijih yang lebih kurang *isometris* seperti endapan tipe *porfiri*.

Pola ini sesuai dengan tahapan eksplorasinya dapat dikembangkan secara lebih rapat lagi, yaitu dengan cara memperapat jarak lubang eksplorasi atau lokasi pemercontoh dengan pola yang sama (bujur sangkar). Dan jika pola pertama ternyata menunjukkan adanya tubuh bijih atau endapan galian yang berbentuk memanjang, pola dapat berubah menjadi segiempat panjang (persegi panjang).



Gambar 3.1
Pola Bujur Sangkar (*square pattern*)

b. Pola Dasar Empat Persegi Panjang

Pola dasar ini diperuntukkan bagi kondisi seperti berikut ;

1. Bentuk mineralisasi memanjang, biasanya untuk endapan bijih tipe urat (*vein*) atau sistem urat yang memanjang, atau tipe endapan dengan bentuk lapisan tetapi dengan letak yang miring, sehingga perkiraan singkapan berupa tubuh bijih yang memanjang.
2. Kondisi topografi yang teratur, pola dasar ini diperuntukkan bila keadaan topografi datar dan keadaan mineralisasi *homogen* ke salah satu arah tertentu dalam arah yang tegak lurus dengan arah yang pertama memiliki *variabilitas* yang tinggi.



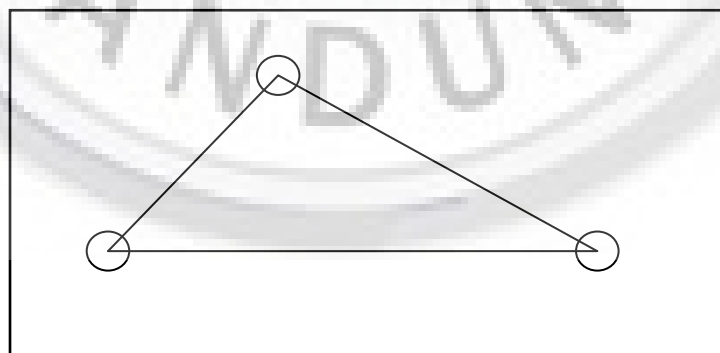
Gambar 3.2
Pola Dasar Persegi Panjang

c. Pola Dasar Segitiga

Pola dasar ini terutama digunakan untuk kondisi sebagai berikut :

1. Bentuk topografi yang bergelombang atau tidak teratur
2. Kondisi mineralisasi tidak teratur

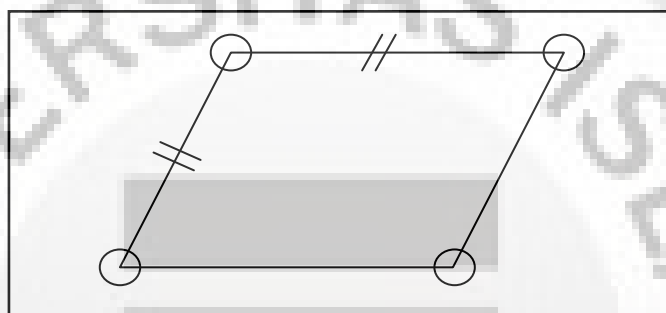
Pola dasar segitiga dapat berkembang (diperapat) sesuai dengan kebutuhan akan informasi yang hendak diperoleh. Perapatan pola dimaksudkan untuk mendapatkan data atau informasi yang lebih teliti mengenai sebaran maupun kelas sumberdaya cadangan tertentu.



Gambar 3.3
Pola Dasar segitiga

d. *Rhomboid*

Pola dasar *rhomboid* digunakan untuk keadaan topografi dan mineralisasi yang berada diantara pola bujur sangkar dan segi empat. Perkembangannya dapat menjadi ketiga pola yang telah disebutkan diatas.



Gambar 3.4
Pola Dasar *Rhomboid*

3.1.2.2 Pemercontoh

Sample (contoh) merupakan satu bagian yang representatif atau satu bagian dari keseluruhan yang bisa menggambarkan berbagai karakteristik untuk tujuan inspeksi atau menunjukkan bukti-bukti kualitas, dan merupakan sebagian dari populasi statistik dimana sifat-sifatnya telah dipelajari untuk mendapatkan informasi keseluruhan.

Secara spesifik, contoh dapat dikatakan sebagai sekumpulan material yang dapat mewakili jenis batuan, formasi, atau badan bijih (endapan) dalam arti kualitatif dan kuantitatif dengan pemerian (deskripsi) termasuk lokasi dan komposisi dari batuan, formasi, atau badan bijih

(endapan) tersebut. Proses pengambilan contoh tersebut disebut *pemercontohan* (pemercontohan).

Pemercontohan dapat dilakukan karena beberapa tujuan maupun tahapan pekerjaan (tahapan eksplorasi, evaluasi, maupun eksploitasi).

1. Selama fase eksplorasi pemercontohan dilakukan pada badan bijih dan tidak hanya terbatas pada zona mineralisasi saja, tetapi juga pada zona-zona low grade maupun material barren, dengan tujuan untuk mendapatkan batas yang jelas antara masing-masing zona tersebut.
2. Selama fase evaluasi, pemercontohan dilakukan tidak hanya pada zona endapan, tapi juga pada daerah-daerah di sekitar endapan dengan tujuan memperoleh informasi lain yang berhubungan dengan kestabilan lereng dan pemilihan metode penambangan.
3. Sedangkan selama fase eksploitasi, pemercontohan tetap dilakukan dengan tujuan kontrol kadar (*quality control*) dan *monitoring front* kerja (kadar pada *front* kerja yang aktif, kadar pada *bench open pit*, atau kadar pada umpan material).

Pemilihan metode pemercontohan dan jumlah contoh yang akan diambil tergantung pada beberapa faktor, antara lain :

1. Tipe endapan, pola penyebaran, serta ukuran endapan.
2. Tahapan pekerjaan dan prosedur evaluasi
3. Lokasi pengambilan contoh (pada zona mineralisasi, alterasi, atau barren),

4. Kedalaman pengambilan contoh, yang berhubungan dengan letak dan kondisi batuan induk.
5. Anggaran untuk pemercontoh dan nilai dari bijih.

Beberapa kesalahan yang mungkin terjadi dalam pemercontoh, antara lain:

1. *Salting*, yaitu peningkatan kadar pada contoh yang diambil sebagai akibat masuknya material lain dengan kadar tinggi ke dalam contoh.
2. *Dilution*, yaitu pengurangan kadar akibatnya masuknya waste ke dalam contoh.
3. *Erratic high assay*, yaitu kesalahan akibat kekeliruan dalam penentuan posisi (lokasi) pemercontohan karena tidak memperhatikan kondisi geologi.
4. Kesalahan dalam analisis kimia, akibat contoh yang diambil kurang representatif.

Secara umum, dalam pemilihan metode pemercontohan perlu diperhatikan karakteristik endapan yang akan diambil contohnya. Bentuk keterdapatan dan morfologi endapan akan berpengaruh pada tipe dan kuantitas pemercontohan. Aspek karakteristik endapan untuk tujuan pemercontohan ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada endapan berbentuk urat

- Komponen mineral atau logam tidak tersebar merata pada badan urat.
- Mineral bijih dapat berupa kristal-kristal yang kasar sehingga diperlukan *sample* dengan volume yang besar agar representatif.
- Kebanyakan urat mempunyai lebar yang sempit (jika dibandingkan dengan bukaan *stope*) sehingga rentan dengan dilution.
- Kebanyakan urat berasosiasi dengan sesar, pengisi rekahan, dan zona geser (regangan), sehingga pada kondisi ini memungkinkan terjadinya efek *dilution* pada batuan samping, sehingga batuan samping perlu dilakukan pemercontoh.
- Perbedaan *assay* (kadar) antara urat dan batuan samping pada umumnya tajam, berhubungan dengan kontak dengan batuan samping, impregnasi pada batuan samping, serta pola urat yang menjari (bercabang), sehingga dalam pemercontoh perlu dicari dan ditentukan batas vein yang jelas.
- Fluktuasi ketebalan urat sulit diprediksi, dan mempunyai rentang yang terbatas, serta mempunyai kadar yang sangat *erratic* (acak/tidak beraturan) dan sulit diprediksi, sehingga diperlukan pemercontoh dengan interval yang rapat.

- Kebanyakan urat relatif keras dan bersifat brittle, sehingga cukup sulit untuk mencegah terjadinya bias akibat variabel kuantitas per unit panjang sulit dikontrol.
- Pemercontoh lanjutan kadang-kadang terbatas terhadap jarak (interval), karena pada umumnya harus dilanjutkan melalui pemboran inti.

2. Pada endapan stratiform

Endapan stratiform disini termasuk endapan-endapan logam dasar yang terendapkan selaras/sejajar dengan bidang perlapisan satuan litologi, dimana mineral bijih secara lateral dikontrol oleh bidang perlapisan atau bentuk-bentuk sedimen yang lain (sedimentary hosted). Karakteristik umum tipe endapan ini yang berhubungan dengan metode pemercontoh antara lain :

- Mempunyai ketebalan yang cukup besar.
- Mempunyai penyebaran lateral yang cukup luas.
- Kadang-kadang diganggu oleh struktur geologi atau tektonik yang kuat, sehingga dapat menimbulkan masalah dalam pemercontoh.
- Arah kecenderungan kadar relatif seragam dan dapat diprediksi, namun kadang-kadang dapat terganggu oleh adanya remobilisasi, metamorfisme, atau berbentuk urat.
- Perubahan-perubahan gradual atau sistematis dalam kadar harus diikuti oleh perubahan dalam interval pemercontoh.

- Dalam beberapa kondisi mungkin terdapat mineralisasi yang berbutir halus dan kemudian berpengaruh pada besar volume material yang dilakukan pemercontoh.
- Pada tipe hosted by meta-sediment, perlu diperhatikan variabel ukuran contoh akibat perubahan ukuran, kekerasan batuan, atau *nugget effect*.
- Setempat dapat terjadi perubahan kadar yang moderat dan dapat menyebabkan kesalahan pada pemercontoh yang signifikan.
- *Cut off grade* kadar dapat gradasional (tidak konstan).

3. Pada endapan sedimen

Pada tipe endapan ini, termasuk endapan batubara, ironstones, potash, gipsum, dan garam, yang mempunyai karakteristik :

- Mempunyai kontak yang jelas dengan batuan sampling.
- Mempunyai fluktuasi perubahan indikator kualitas yang bersifat gradual.
- Pemercontoh sering dikontrol oleh keberadaan sisipan atau parting dalam batubara, sehingga interval pemercontoh lebih bersifat per lapisan.
- Perubahan (variasi) ketebalan lapisan yang cenderung gradual, sehingga anomali-anomali yang ditemukan dapat diprediksi lebih awal (washout, sesar, perlipatan, dll.),

sehingga pola dan kerapatan pemercontoh disesuaikan dengan variasi yang ada.

- Rekomendasi pola pemercontoh (strategi pemercontoh) adalah dengan interval teratur secara vertikal, perlapisan atau jika relatif homogen dapat dilakukan secara komposit.

4. Pada endapan porfiri

Karakteristik umum dari tipe endapan ini yang perlu diperhatikan adalah :

- Mempunyai dimensi yang besar, sehingga pemercontoh lebih diprioritaskan dengan pemboran inti (diamond atau percussion).
- Umumnya berbentuk non-tabular, umumnya mempunyai kadar yang rendah dan bersifat erratic, sehingga kadang-kadang dibutuhkan contoh dalam jumlah (volume) yang besar, sehingga kadang-kadang dilakukan pemercontoh melalui winze percobaan, adit eksplorasi, dan paritan.
- Zona-zona mineralisasi mempunyai pola dan variabilitas yang beragam, seperti tipe disseminated, stockwork, vein, atau fissure, sehingga perlu mendapat perhatian khusus dalam pemilihan metode pemercontoh.
- Keberadaan zona-zona pelindian atau oksidasi, zona pengkayaan supergen, dan zona hipogen, juga perlu mendapat perhatian khusus.
- Mineralisasi dengan kadar hipogen yang relatif tinggi sering terkonsentrasi sepanjang sistem kekar sehingga penentuan

orientasi pemercontoh dan pemboran perlu diperhatikan dengan seksama.

- Zonasi-zonasi internal (alterasi batuan samping) harus selalu diperhatikan dan direkam sepanjang proses pemercontoh.
- Variasi dari kerapatan pola kekar akan mempengaruhi kekuatan batuan, sehingga interval (kerapatan) pemercontoh akan sangat membantu dalam informasi fragmentasi batuan nantinya.

3.1.2.3 Metode Pemercontoh

- *Grab Sampling*

Secara umum, metode *grab Sampling* ini merupakan teknik pemercontoh dengan cara mengambil bagian (fragmen) yang berukuran besar dari suatu material (baik di alam maupun dari suatu tumpukan) yang mengandung mineralisasi secara acak (tanpa seleksi yang khusus). Tingkat ketelitian pemercontoh pada metode ini relatif mempunyai bias yang cukup besar. Beberapa kondisi pengambilan contoh dengan teknik *grab* pemercontoh ini antara lain :

- Pada tumpukan material hasil pembongkaran untuk mendapatkan gambaran umum kadar.
- Pada material di atas dump truck atau belt conveyor pada transportasi material, dengan tujuan pengecekan kualitas.

- Pada fragmen material hasil peledakan pada suatu muka kerja untuk memperoleh kualitas umum dari material yang diledakkan, dll.

- *Bulk Sampling*

Bulk Sampling (contoh ruah) ini merupakan metode pemercontoh dengan cara mengambil material dalam jumlah (volume) yang besar, dan umum dilakukan pada semua fase kegiatan (eksplorasi sampai dengan pengolahan). Pada fase sebelum operasi penambangan, *bulk Sampling* ini dilakukan untuk mengetahui kadar pada suatu blok atau bidang kerja. Metode *bulk Sampling* ini juga umum dilakukan untuk uji metalurgi dengan tujuan mengetahui recovery (perolehan) suatu proses pengolahan. Sedangkan pada kegiatan eksplorasi, salah satu penerapan metode bulk pemercontoh ini adalah dalam pengambilan contoh dengan sumur uji.

- *Chip Sampling*

Chip Sampling (contoh tatahan) adalah salah satu metode pemercontoh dengan cara mengumpulkan pecahan batuan (rock chip) yang dipecahkan melalui suatu jalur (dengan lebar 15 cm) yang memotong zona mineralisasi dengan menggunakan palu atau pahat. Jalur pemercontoh tersebut biasanya bidang horizontal dan pecahan-pecahan batuan tersebut dikumpulkan dalam suatu kantong contoh. Kadang-kadang pengambilan ukuran contoh yang

seragam (baik ukuran butir, jumlah, maupun interval) cukup sulit, terutama pada urat-urat yang keras dan brittle (seperti urat kuarsa), sehingga dapat menimbulkan kesalahan seperti overpemercontoh (salting) jika ukuran fragmen dengan kadar tinggi relatif lebih banyak daripada fragmen yang low grade.

- *Channel Sampling*

Channel Sampling adalah suatu metode (cara) pengambilan contoh dengan membuat alur (channel) sepanjang permukaan yang memperlihatkan jejak bijih (mineralisasi). Alur tersebut dibuat secara teratur dan seragam (lebar 3-10 cm, kedalaman 3-5 cm) secara horizontal, vertikal, atau tegak lurus kemiringan lapisan

Ada beberapa cara atau pendekatan yang dapat dilakukan dalam mengumpulkan fragmen-fragmen batuan dalam satu contoh atau melakukan pengelompokan contoh (*sub-channel*) yang tergantung pada tipe (pola) mineralisasi, antara lain :

- Membagi panjang *channel* dalam interval-interval yang seragam, yang diakibatkan oleh variasi (distribusi) zona bijih relatif lebar. Contohnya pada pembuatan channel dalam sumur uji pada endapan laterit atau residual.
 - Membagi panjang channel dalam interval-interval tertentu yang diakibatkan oleh variasi (distribusi) zona mineralisasi.
3. Untuk kemudahan, dimungkinkan penggabungan sub-channel dalam satu analisis kadar atau dibuat komposit.

- Pada batubara atau endapan berlapis, dapat diambil *channel* pemercontoh per tebal lapisan jika terdapat sisipan pengotor.

Informasi-informasi yang harus direkam dalam pengambilan contoh dari setiap alur adalah sebagai berikut :

- Letak lokasi pengambilan contoh dari titik ikat terdekat.
- Posisi alur (memotong vein, vertikal memotong bidang perlapisan, dll.).
- Lebar atau tebal zona bijih/endapan (lebar horizontal, tebal semu, atau tebal sebenarnya).
- Penamaan (pemberian kode) kantong contoh, sebaiknya mewakili interval atau lokasi sub-channel.
- Tanggal pengambilan dan identitas contoh.

Sedangkan informasi-informasi yang sebaiknya juga dicatat (dideskripsikan) dalam pengambilan contoh adalah :

- Mineralogi bijih atau deskripsi endapan yang diambil contohnya.
- Penaksiran visual zona mineralisasi (bijih, waste, pengotor, dll.).
- Kemiringan semu atau kemiringan sebenarnya dari badan bijih.
- Deskripsi litologi atau batuan samping.

- Dan lain-lain yang dianggap perlu dalam penjelasan kondisi endapan.

3.2 Genesa Zirkon

Mineral utama yang mengandung unsur zirkonium adalah zirkon/zirkonium silika ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) dan zirkonium oksida (ZrO_2). Kedua mineral ini dijumpai dalam bentuk senyawa dengan hafnium. Pada umumnya zirkon mengandung unsur besi, kalsium sodium, mangan, dan unsur lainnya yang menyebabkan warna pada zirkon bervariasi, seperti putih bening hingga kuning, kehijauan, coklat kemerahan, kuning kecoklatan, dan gelap, sistem kristal monoklin, prismatic, dipiramida, dan ditetragonal, kilap lilin sampai logam, belahan sempurna – tidak beraturan, kekerasan 6,5 – 7,5, berat jenis 4,6 – 5,8, indeks refraksi 1,92 – 2,19, hilang pijar 0,1%, dan titik lebur $2.500^{\circ}C$.

Zirkon terbentuk sebagai mineral accessories pada batuan yang mengandung Na-feldspar (batuan beku asam dan batuan metamorf). Jenis cebakannya dapat berupa endapan primer atau endapan sekunder. Kegunaan zirkon adalah untuk bahan baku elektronik, keramik.

Zirkon merupakan salah satu batu hias (*gemstone*) dengan kekerasan 7,5, beraneka warna dan berbentuk kristal tetragonal prismatic; membuat mineral ini mempunyai daya tarik tinggi. Mineral ini sering ditemukan mengandung jejak unsur radioaktif di dalam struktur kristalnya sehingga bersifat metamik dan tidak stabil, akan menjadi stabil apabila

dipanaskan hingga suhu tertentu. Zirkon dengan daya tahan tinggi terhadap pelapukan dan abrasi biasanya membentuk konsentrasi bernilai ekonomis di daerah-daerah pantai dan gosong pasir yang terletak berkilometer dari sumbernya.

Mineral zirkon dapat ditemukan sebagai butir-butir kristal berukuran kecil di dalam sebagian besar batuan beku dan beberapa batuan metamorf. Secara umum konsentrasi mineral zirkon terbentuk sebagai rombakan di dalam aluvium dan sering berasosiasi dengan mineral berat lain seperti ilmenit, monazit, rutil, dan xenotim

Tabel 3.1
Hubungan Batuan Sumber dengan Endapan Mineral Zirkon
(Macdonald, 1983)

Batuan Sumber	Mineral Berat Ekonomis	Asosiasi Mineral
Granitoid, pegmatit, dan <i>greisens</i>	Zirkon, kasiterit, monazit, rutil, dan emas	Wolframit, K-felspar, kuarsa, topaz, beryl, spodumen, petalit, turmalin, tantalit, kolumbit, fluorit, sphen
Sienit dan pegmatit	Zirkon, REE, mineral-mineral U dan Mineral-mineral mengandung Th	Ilmenit, magnetit, fluorit, K-felspar, Apatit, felspatoid
Metamorf tingkat tinggi	Zirkon, rutil, emas, dan batu hias	Kianit, kuarsa, silimanit, garnet almandin, felspar, apatit

3.3 Lingkungan Pengendapan

Placer adalah jenis spesifik aluvium yang dibentuk oleh proses sedimentasi selama periode waktu panjang dan mengandung konsentrasi

pasir, kerikil, mineral-mineral logam dan batu-batu hias. Lingkungan *placer* dibedakan dari lingkungan sedimen lainnya karena sangat dipengaruhi oleh sumber batuan asal dan kondisi geomorfologi tempat pengendapannya, antara lain:

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

Sedimen pada lereng dan saluran di sekitar hulu sungai telah tersingkap oleh kekuatan subareal yang bersifat merusak hanya dalam waktu singkat, oleh karena itu terdiri atas tipe dan ukuran lanau dan koloida. Sementara endapan sedimen pantai biasanya telah mengalami perjalanan berjarak jauh dan melalui banyak daur pelapukan dan erosi, sehingga partikel sedimen di dalamnya secara garis besar terdiri atas ukuran halus dan terpilah baik yang secara kimiawi berupa mineral-mineral tidak stabil dan partikel-partikel berukuran sangat halus yang telah terpisah, termasuk juga sejumlah variasi fragmen kerang dan bahan-bahan hasil erosi batuan yang dilaluinya.

Mengingat bahwa Pulau Kalimantan merupakan bagian dari paparan benua dan dianggap memiliki stabilitas wilayah untuk terbentuknya lingkungan pengendapan *placer* benua yang luas, maka perlu dipahami bagaimana proses keterjadian endapan tersebut. Berdasarkan keterkaitan *placer* dengan teknis eksplorasi dan penambangannya, Macdonald (1983) membagi lingkungan pengendapan *placer* terdiri dari benua, transisi dan laut, dimana yang pertama terdiri dari sublingkungan eluvial, koluvial, fluviatil, gurun, dan glasial.

- a. Endapan *placer* eluvial kadang-kadang disebut residual, di daerah beriklim tropis dapat membentuk laterit yaitu zona pelapukan *in situ* batuan yang terbentuk melalui proses kimiawi, mekanis, dan biologis.
- b. Pengendapan *placer* koluvial berkaitan dengan pergerakan massa rombakan batuan pada lereng menjauh dari sumbernya, dikendalikan oleh gravitasi dan pergerakan air permukaan (akibat hujan).
- c. Endapan *placer* fluviatil mempunyai keterkaitan dengan sistem aliran sungai masa kini, partikel-partikel mineral mengalami perubahan lingkungan berjangka panjang setelah terpisah dari batuan sumbernya.
- d. Endapan *placer* gurun terakumulasi di sekitar pelapukan batuan sumber, terutama oleh gaya gravitasi dan aktifitas angin. Partikel

berukuran halus ditransportasi sebagai lapisan tanah *loess* di daratan dan sebagai *oozes*/lumpur di lantai samudra.

Endapan *placer* glasial merupakan hasil rombakan batuan sumber oleh pergerakan es di sepanjang lereng pegunungan bersalju, ditransportasi hingga jarak tertentu yang akhirnya terakumulasi sebagai campuran sedimen heterogen tidak terpilah berukuran tepung hingga bongkah. Pergerakan es bergantung kepada tingkat presipitasi salju dan kemiringan lereng. Sedimen rombakan tersebut dapat mengandung mineral-mineral berharga, tetapi jarang membentuk konsentrasi bernilai ekonomis.

Lingkungan pengendapan *placer* transisi dibagi menjadi tiga sublingkungan, sebagai berikut:

a. — Garis pantai

endapan *placer* dibentuk oleh kerja gelombang pasang, arus, dan angin, mineral-mineral utama dengan berat jenis lebih rendah dan resistan yang diendapkan dapat terdiri atas rutil, ilmenit, zirkon, dan monazit, kadang-kadang emas, platinum, timah, dan intan; jarang yang lainnya.

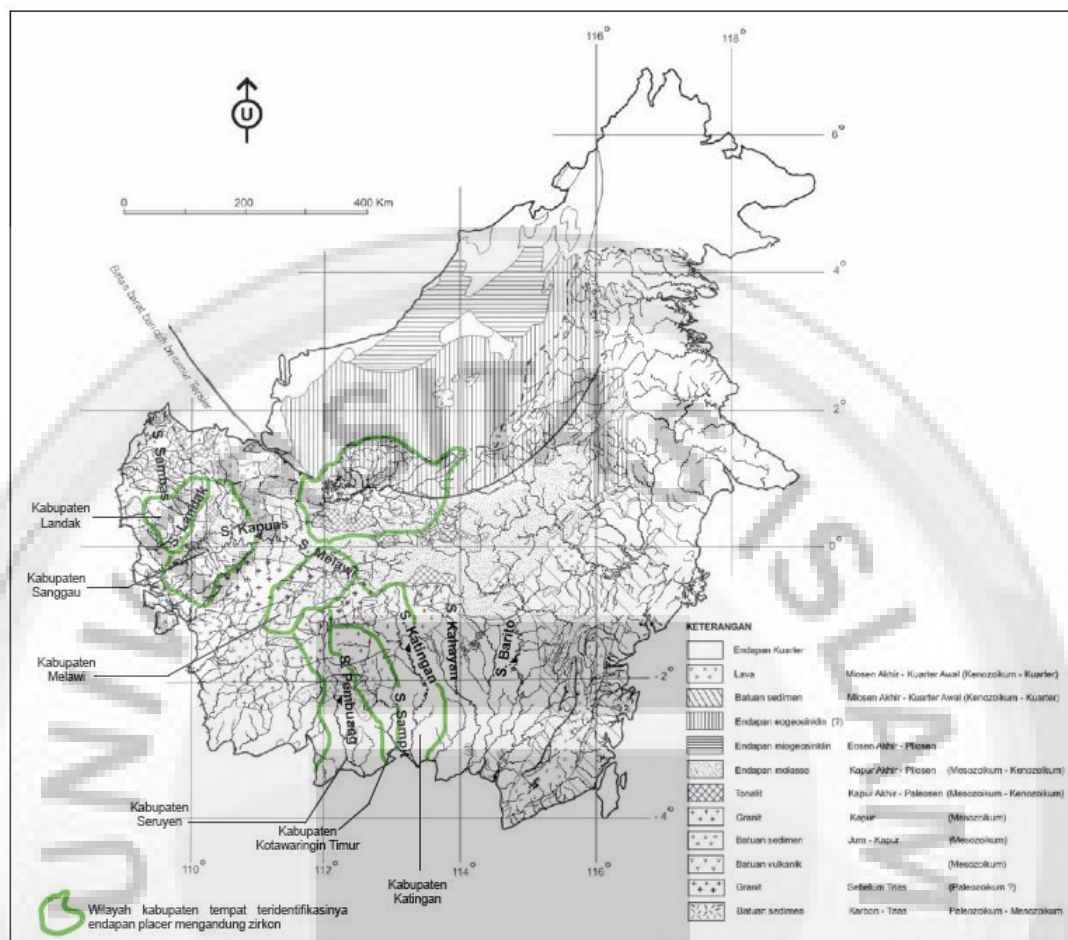
b. Pantai berangin

endapan *placer* terbentuk di daerah pantai tempat pasir tertiuap angin, sistem gosong pasir berkembang dari gosong stasioner dan trasgresif, mineral berjenis endapan pantai tetapi dengan ukuran partikel umumnya lebih halus.

c. Delta

endapan *placer* terbentuk di sekitar muara sungai yang membawa banyak sedimen. Ke arah tepi laut terdapat sedimen hasil pengendapan ulang dan pengulangan sekuen partikel berberat jenis lebih rendah.

Pada lingkungan pengendapan laut, *placer* diendapkan di bawah permukaan air laut dalam kondisi transisi atau benua terdiri atas sedimen hasil rombakan batuan sumber berasal dari daerah pantai, sungai, lereng dan glasiasi yang telah mengalami perombakan ulang selama periode penenggelaman. Lingkungan ini meluas ke arah laut, dari garis pecahnya ombak pada kedalaman air di bawahnya tempat jatuhnya orbit gelombang. Tempat pengendapan di antara paparan dan lereng benua memiliki kisaran lebar dari beberapa kilometer hingga 100 km dan kedalaman maksimum 500 meter. Di daerah lepas pantai kemungkinan ditemukan endapan *placer* mengandung rutil, zirkon, monazit, dan ilmenit serupa dengan yang dijumpai di daratan.



Gambar 3.5
Peta Sebaran Placer yang Mengandung Zirkon Di Kalimantan

3.4 Estimasi Sumberdaya

Badan standarisasi Nasional menetapkan pembakuan mengenai klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 4726 – 2011). Dalam pembakuan ini didefinisikan bahwa sumberdaya adalah endapan yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata. Sedangkan cadangan adalah endapan yang telah diketahui ukuran, bentuk, sebaran, kemenerusan, kualitas dan kuantitasnya, dan secara ekonomi, pemasaran, teknologi (penambangan dan pengolahan),

kebijakan pemerintah, hukum, lingkungan dan sosial dapat ditambang pada saat perhitungan cadangan.

Estimasi sumberdaya merupakan suatu proses kegiatan yang meliputi pengkajian terhadap sebaran, bentuk, kemenerusan, dimensi, dan mutu endapan bahan galian. Tujuan estimasi sumberdaya adalah memperkirakan besarnya volume atau tonase endapan bahan galian sesuai dengan tahap penyelidikan.

Estimasi sumberdaya mineral dilakukan pada setiap tahap penyelidikan dan secara garis besar, langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Pembuatan batas blok sumberdaya mineral yang akan diestimasi.
- b. Penentuan kelas sumberdaya untuk masing – masing blok sumberdaya.
- c. Penghitungan besaran (luas, volume, tonase) dalam setiap blok.
- d. Penghitungan kadar rata – rata komponen berharga.

Ada beberapa hal yang mendasari sehingga estimasi sumberdaya dianggap penting, antara lain :

- a. Estimasi sumberdaya merupakan taksiran dari kuantitas dan kualitas dari suatu sumberdaya.
- b. Memberikan perkiraan bentuk tiga dimensi dari sumberdaya serta distribusi ruang dari nilainya. Hal ini penting untuk menentukan urutan atau tahapan penambangan yang pada gilirannya akan

mempengaruhi pemilihan peralatan dan *Net Present Value* (NPV) dari tambang.

- c. Jumlah sumberdaya menentukan umur tambang. Hal ini penting dalam perancangan pabrik pengolahan dan kebutuhan infrastruktur lainnya.
- d. Batas-batas kegiatan penambangan (*pit limit*) dibuat berdasarkan estimasi sumberdaya. Faktor ini harus diperhatikan dalam menentukan lokasi penambangan tanah dan tailing (*waste dump* dan *tailing impoundment*), pabrik pengolahan bijih, bengkel dan fasilitas lainnya.

Syarat – syarat untuk dapat melaksanakan estimasi sumberdaya di suatu daerah antara lain :

- a. Suatu taksiran harus mencerminkan kondisi geologis dan karakter atau sifat dari mineralisasi.
- b. Penaksiran harus sesuai dengan tujuan dari evaluasi suatu model sumberdaya yang akan digunakan untuk perancangan tambang harus konsisten dengan metode penambangan dan teknik perencanaan tambang yang akan diterapkan.
- c. Taksiran yang baik harus didasarkan pada data faktual yang diolah atau diperlakukan secara obyektif. Keputusan dipakai tidaknya suatu data dalam penaksiran harus diambil dengan pandangan yang jelas dan konsisten. Tidak boleh ada pembobotan data yang

semenamena. Pembobotan yang berbeda harus dilakukan dengan dasar yang kuat.

- d. Metode penaksiran yang digunakan harus memberikan hasil yang dapat diuji ulang atau diverifikasi.

3.4.1 Besarnya Estimasi Sumberdaya

Sumberdaya bahan galian dapat digambarkan dalam isi (*volume*) atau berat (*tonase*). Oleh karena itu sebelum menghitung sumberdaya harus terlebih dahulu diketahui parameter estimasi sumberdaya, yaitu :

- Panjang
- Lebar
- Tebal
- Berat jenis (*density*).

Secara umum besarnya sumberdaya bahan galian dapat dihitung sebagai berikut :

$$L = p \times l$$

$$V = L \times tr$$

$$T = V \times dr$$

Dimana :

L = luas (m²)

V = volume (m³)

T = tonase (ton)

l = lebar (m)

p = panjang (m)

dr = berat jenis rata – rata (ton/m³)

tr = tebal rata – rata (m)

3.4.2 Metode Estimasi Sumberdaya

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung sumberdaya mineral, adalah :

a. Metode konvensional.

Estimasi sumberdaya mineral secara konvensional dapat dilakukan dengan cara pengukuran unsur atau parameter penghitungan secara nyata seperti panjang, lebar, ketebalan dan berat jenis.

b. Inkonvensional (*geostatistik*).

Cara konvensional ini perhitungannya berdasar pada parameter secara statistik dari sejumlah pengukuran yang biasanya dilakukan secara acak. Untuk memilih salah satu diantara metode itu diperlukan beberapa pertimbangan, yaitu : kualitas data, jenis data yang diperoleh dan kondisi lapangan.

Secara umum perhitungan sumberdaya zirkon memerlukan data dasar, yaitu peta topografi, data penyebaran singkapan zirkon, data sebaran titik bor dan peta geologi. Sedangkan untuk menghitung tonase dan volume bahan galian yang telah diketahui ketebalan dan kadarnya dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah berikut :

1. Metode Aritmatik

Metode aritmatik adalah estimasi sumberdaya dengan cara merata-ratakan ketebalan dan kadar dari endapan bahan galian secara statistik.

Cara menghitung tebal rata-rata

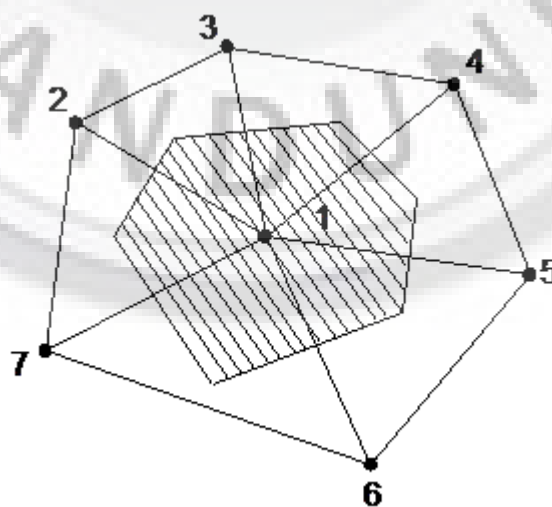
$$t_r = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}$$

Cara menghitung kadar rata-rata

$$c_r = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n}{n}$$

2. Daerah pengaruh

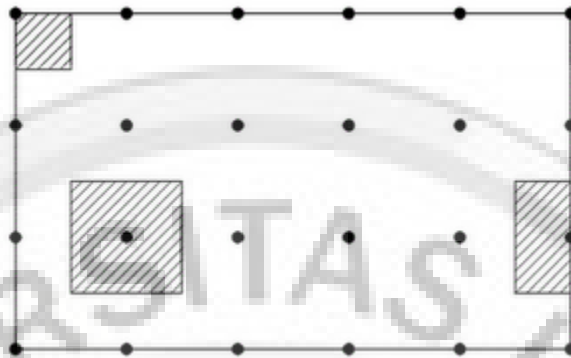
- Pembuatan daerah pengaruh di sekitar lubang eksplorasi.
- Daerah pengaruh antara dua lubang eksplorasi setengah jarak dua titik itu.
- Estimasi sumberdaya di sekitar lubang eksplorasi.
- Estimasi sumberdaya berdasarkan kontur dalam (*included area*) atau kontur luar (*extended area*).
- Untuk lubang eksplorasi yang sudah rapat.
- Untuk jenis endapan yang variabilitasnya besar.



Gambar 3.6
Sketsa Perhitungan Luas Daerah Pengaruh

Cara menghitung luas *Included*

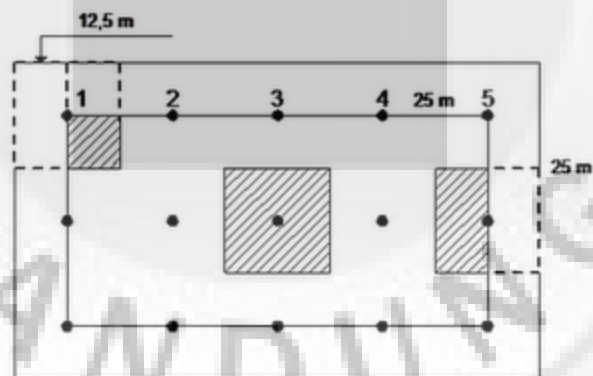
$$L_i = 20 (\Sigma p) (\Sigma l)$$



Gambar 3.7
Sketsa Perhitungan Luas Daerah Pengaruh *Included*

Cara Menghitung luas *Eksluded*

$$L_e = 20 (\Sigma p + 1) (\Sigma l + 1)$$



Gambar 3.8
Sketsa Perhitungan Luas Daerah Pengaruh *Eksluded*

Cara Menghitung Volume

$$V = p \times l \times t$$

Cara menghitung tonase

$$T = V \times cr$$

3. Metode Unit *Weight*

Metode estimasi sumberdaya dengan merata-ratakan ketebalan dengan berat tertimbangannya.

Cara menghitung tebal rata-rata

$$tr = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}$$

Cara menghitung kadar rata-rata

$$cr_{UW} = \frac{(c_1 \times t_1) + (c_2 \times t_2) + (c_3 \times t_3) + \dots + (c_n \times t_n)}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}$$

Cara Menghitung Volume

$$V = p \times l \times t$$

Cara menghitung tonase

$$T = V \times cr_{UW}$$

4. Metode Segitiga

- Metoda ini digunakan untuk blok sumberdaya yang didasarkan oleh desain eksplorasi dengan menggunakan cara segitiga atau acak.
- Penghitungan rata – rata (ketebalan, kadar dan lain – lain).
Didasarkan dari setiap titik atau ujung segitiga.

Rumus volume metode Segitiga :

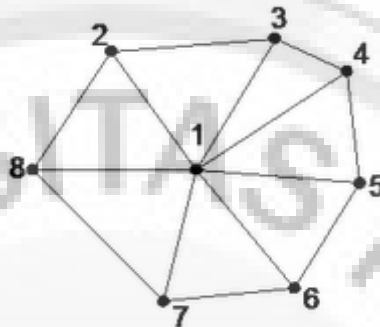
Cara menghitung tebal rata-rata

$$tr_1 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

Cara menghitung kadar rata-rata

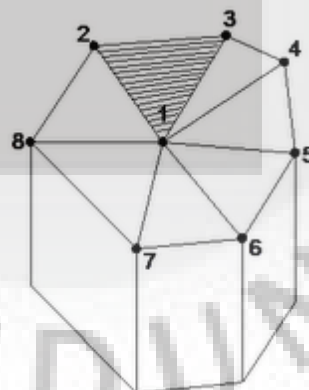
$$cr_1 = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}$$

Cara menghitung luas segitiga



Gambar 3.9
Sketsa Perhitungan Luas Segitiga

$$L_1 = \frac{1}{2} (l a) (t a)$$



Gambar 3.10
Sketsa Perhitungan Volume Segitiga

Cara Menghitung Volume

$$V_1 = L_1 \times tr_1$$

Cara menghitung tonase

$$T_1 = V_1 \times cr_1$$

3.5 *Stripping Ratio* (SR)

Stripping ratio atau nisbah pengupasan adalah perbandingan antar jumlah volume *overburden* atau *waste* yang harus dibongkar dengan volume *ore* atau bijih yang didapatkan.

$$SR = \text{Overburden (m}^3\text{)} / \text{Ore (m}^3\text{)}$$

Stripping ratio yang tinggi kurang menguntungkan dibandingkan pertambangan pada rasio pengupasan rendah, karena *stripping ratio* yang tinggi akan mengakibatkan lebih banyak *overburden* yang harus dipindahkan dengan biaya per satuan volume untuk volume setara dengan bijih menghasilkan pendapatan. Jika rasio yang terlalu tinggi mengingat harga tertentu bijih dan biaya terkait pertambangan maka mungkin tidak ekonomis untuk melakukan penambangan.