

KONSEP EKSPLORASI

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

Oleh:

Mulya Gusman ST.,MT



TEKNOLOGI	14-12-10
JUDUL KAJIAN:	Hd
ELEKSI	KI
NO. INVENTARIS	422/Hd (2010-k, li)
PLANGKON	622.1 Gus k.1

Minang Engineering

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PRODI PERTAMBANGAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2010**

KONSEP EKSPLORASI

Sebagai suatu industri yang padat modal, padat teknologi, dan padat sumberdaya, serta mengandung resiko yang tinggi, maka industri pertambangan menjadi hal yang sangat unik dan membutuhkan usaha yang lebih untuk dapat menghasilkan sesuatu yang positif dan menguntungkan. Banyaknya disiplin ilmu dan teknologi yang terlibat di dalam industri ini mulai dari geologi, eksplorasi, pertambangan, metalurgi, mekanik dan elektrik, lingkungan, ekonomi, hukum, manajemen, keuangan, sosial budaya, dan komunikasi, sehingga menjadikan industri ini cukup kompleks.

Karena yang menjadi dasar dalam perencanaan aktivitas pada industri pertambangan adalah tingkat kepastian dari penyebaran endapan, geometri badan bijih (endapan), jumlah cadangan, serta kualitas, maka peranan ilmu eksplorasi menjadi hal yang sangat penting sebagai awal dari seluruh rangkaian pekerjaan dalam industri pertambangan.

Agar kegiatan eksplorasi dapat terencana, terprogram, dan efisien, maka dibutuhkan pengelolaan kegiatan eksplorasi yang baik dan terstruktur. Untuk itu dibutuhkan pemahaman konsep eksplorasi yang tepat dan terarah oleh para pelaku kegiatan eksplorasi, khususnya yang meliputi disiplin ilmu geologi dan eksplorasi tambang.

Kalau kegiatan eksplorasi menjanjikan adanya suatu harapan bagi pelaku bisnis pertambangan, barulah kegiatan industri pertambangan dapat dilaksanakan. Kegiatan eksplorasi dilakukan karena ada tujuan (*goal*) yang diharapkan oleh badan/pihak perencana eksplorasi tersebut.

Sebagai contoh :

- Pada badan pemerintah, dengan tujuan pengembangan wilayah (daerah), maka kegiatan eksplorasi diarahkan untuk pendataan potensi sumberdaya bahan galian, sehingga kegiatan eksplorasi tersebut lebih bersifat inventarisasi sumberdaya mineral.
 - Pada perusahaan eksplorasi, dengan tujuan pengembangan potensi mineral tertentu, maka kegiatan eksplorasi diarahkan untuk dapat mengumpulkan data endapan tersebut selengkap-lengkapnyanya, sehingga data endapan yang dihasilkan mempunyai nilai yang dapat dianggunkan atau dijual kepada pihak lain (*junior company*).
-

-
- ❑ Pada perusahaan pertambangan, dengan tujuan pengembangan dan penambangan mineral tertentu, maka kegiatan eksplorasi diarahkan untuk dapat mengumpulkan data endapan tersebut untuk mendapatkan nilai ekonominya sehingga layak untuk ditambang dan dipasarkan sebagai komoditi tambang.

Secara umum, dalam industri pertambangan kegiatan eksplorasi ditujukan sebagai berikut :

- ❑ mencari dan menemukan cadangan bahan galian baru,
- ❑ mengendalikan (menambah) pengembalian investasi yang ditanam, sehingga pada suatu saat dapat memberikan keuntungan yang ekonomis (layak),
- ❑ mengendalikan (penambahan/pengurangan) jumlah cadangan, dimana cadangan merupakan dasar dari aktivitas penambangan,
- ❑ mengendalikan atau memenuhi kebutuhan pasar atau industri,
- ❑ diversifikasi sumberdaya alam,
- ❑ mengontrol sumber-sumber bahan baku sehingga dapat berkompetisi dalam persaingan pasar.

Dilihat dari pentingnya hal tersebut di atas, terdapat 5 (lima) hal penting yang harus diperhatikan, yaitu :

- ❑ Pemahaman filosofi eksplorasi dan cebakan bahan galian
- ❑ Pengetahuan (dasar ilmu dan teknologi) yang terkait dalam pekerjaan eksplorasi,
- ❑ Pemahaman konsep dan metode eksplorasi,
- ❑ Prinsip dasar dan penerapan metode (teknologi) eksplorasi,
- ❑ Pengambilan keputusan pada setiap tahapan eksplorasi.

2.1 Filosofi Eksplorasi dan Endapan Bahan Galian

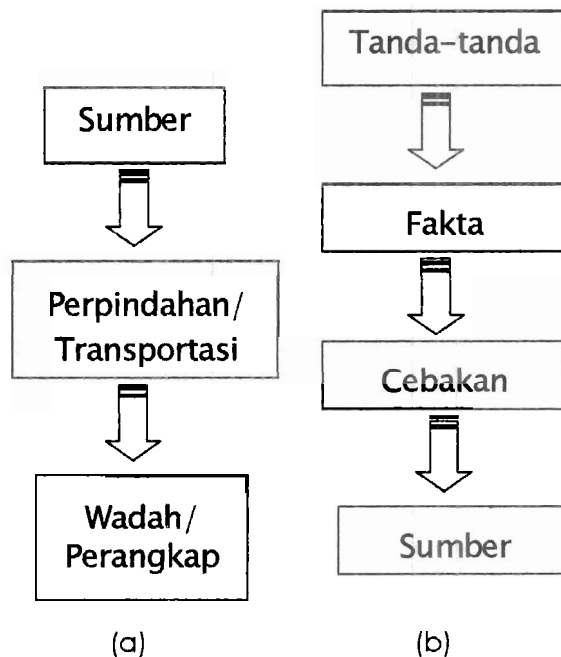
Proses eksplorasi mempunyai hubungan yang erat dengan keadaan dan perilaku suatu endapan bahan galian, yaitu proses untuk mengetahui bagaimana suatu endapan terbentuk (terakumulasi), bagaimana penyebaran dan bentuk (geometri) endapan tersebut di alam, berapa banyak endapan tersebut yang dapat diambil, serta bagaimana tingkat (nilai) keekonomian endapan tersebut.

Karena sangat erat dengan pengetahuan keberadaan suatu cebakan endapan, maka pemahaman filosofi akumulasi suatu cebakan endapan

menjadi sangat penting. Konsep cebakan suatu endapan di kerak bumi dapat disederhanakan menjadi tiga faktor utama (Gambar 2.1), yaitu :

- adanya sumber (*source*),
- adanya proses perpindahan (*migration/transportation*),
- adanya tempat/wadah/perangkap dimana bahan berharga dapat terbentuk/ terkumpul (*place*).

Suatu proses eksplorasi dapat disederhanakan menjadi suatu sistem yang terintegrasi (dan bersifat *loop* tertutup membentuk siklus analisis), berawal dari analisis suatu kemungkinan sumber, proses perpindahan yang terjadi, sampai dengan penafsiran kemungkinan terjebak dalam suatu perangkap (teoritik). Sebaliknya dapat pula berawal dari analisis suatu tanda-tanda mineralisasi, kemudian adanya cebakan pada perangkapnya sampai dengan ditemukan sumbernya.



Gambar 2.1 (a) Proses utama dalam pembentukan endapan bahan galian,
(b) Proses penemuan

Sumber (*source*), merupakan asal dari unsur-unsur logam/bahan lainnya

- Dari sumbernya, logam-logam akan tersebar (*disseminated*) pada mantel dan kerak bumi dalam jumlah yang sangat kecil dan setempat-setempat dengan kontrol geologi tertentu terkonsentrasi dalam jumlah ekonomis untuk diekstrak (tubuh bijih). Secara konsep proses pengkonsentrasian
-

tersebut dapat disederhanakan, tapi kenyataan sebenarnya merupakan proses yang sangat kompleks.

Migrasi (*migration*), adalah proses perpindahan (transportasi) logam-logam/bahan lainnya dari sumbernya (*source*) :

- Logam-logam tertransport dalam larutan dari sumber ke lokasi pengendapan yang baru pada kondisi temperatur-tekanan tinggi dalam rentang yang lebar (hipogen), atau dapat juga sebagai kompleks anorganik/organik dalam lingkungan temperatur rendah (supergen, residual, aluvial).
- Batuan pada umumnya impermeabel, sedangkan batuan plutonik pada umumnya mempunyai permeabilitas yang rendah untuk larutan dan uap (*vapour*). Selanjutnya dengan (melalui) fungsi waktu (skala waktu geologi), permeabilitas yang rendah tersebut dapat memungkinkan terbentuknya konsentrasi mineral yang signifikan melalui difusi atau aliran.
- Pada sistem hidrotermal, rekahan dan sesar dapat menjadi media permeabel sebagai media perpindahan larutan mineral.
- Pori-pori pada batuan sedimen dapat menjadi media permeabel untuk peningkatan konsentrasi logam-logam, dan membentuk cebakan mineral sebagai endapan yang signifikan dan dikenal sebagai "*sediment-hosted base metal deposit*".

Perangkap atau wadah (*place*) merupakan tempat terkumpulnya endapan/cebakan mineral yang karena kondisi kimia-fisika yang berubah menghasilkan presipitasi elemen-elemen atau senyawa dari larutan, atau pengkayaan residual akibat perpindahan sebagian unsur-unsur, atau peningkatan konsentrasi dari yang tidak ekonomis pada batuan menjadi ekonomis pada endapan yang baru.

- Logam-logam dapat terkonsentrasi dari hidrosfir melalui peristiwa evaporasi dari dari suatu larutan,
 - Logam-logam dapat mengalami presipitasi dari larutan sisa magma sebagai akibat dari pengurangan temperatur dan tekanan, atau akibat kontak dan bereaksi dengan batuan induk, atau akibat kontaminasi "fluida bijih" dengan larutan (air) bawah permukaan lainnya,
 - Logam-logam dapat terkonsentrasi dan ditempatkan melalui aktivitas biologi,
 - Logam-logam dapat terkayakan melalui peristiwa pelindian atau melalui presipitasi dalam regolith (lapisan penutup \approx *mantle rock*),
 - Logam-logam dapat menerobos dan terkonsentrasi akibat kontrol struktur melalui pengisian rongga-rongga (porositas).
-

Dengan mengetahui filosofi pembentukan konsentrasi cebakan mineral tersebut, maka para ahli eksplorasi mempunyai alat (*tools*) seperti *trace element* dan analisis isotop atau *radiogenic dating* yang dapat membimbing ke arah sumber logam (*guide to ore*) serta jalur atau arah perpindahan (migrasi)-nya.

Kegiatan eksplorasi didasarkan pada penelitian terhadap fakta-fakta yang signifikan yang merupakan hasil dari suatu atau beberapa proses. Peristiwa-peristiwa pembentukan mineral (bijih), oleh para ahli geologi ekonomi dikelompokkan dalam tipe-tipe genetik endapan (bijih). Selanjutnya model-model tersebut digunakan untuk mencari hubungan antara bijih yang bersangkutan dengan model-model genesa yang telah ada (dikenal) yang dirasa sesuai.

Dewasa ini banyak kegiatan eksplorasi sukses dengan didasarkan pada analogi model-model endapan yang telah ada pada kondisi alam yang mirip. Namun metode analogi ini menjadi berbahaya untuk pelaku-pelaku pemula yang mempunyai dasar pengetahuan genesa bijih yang lemah.

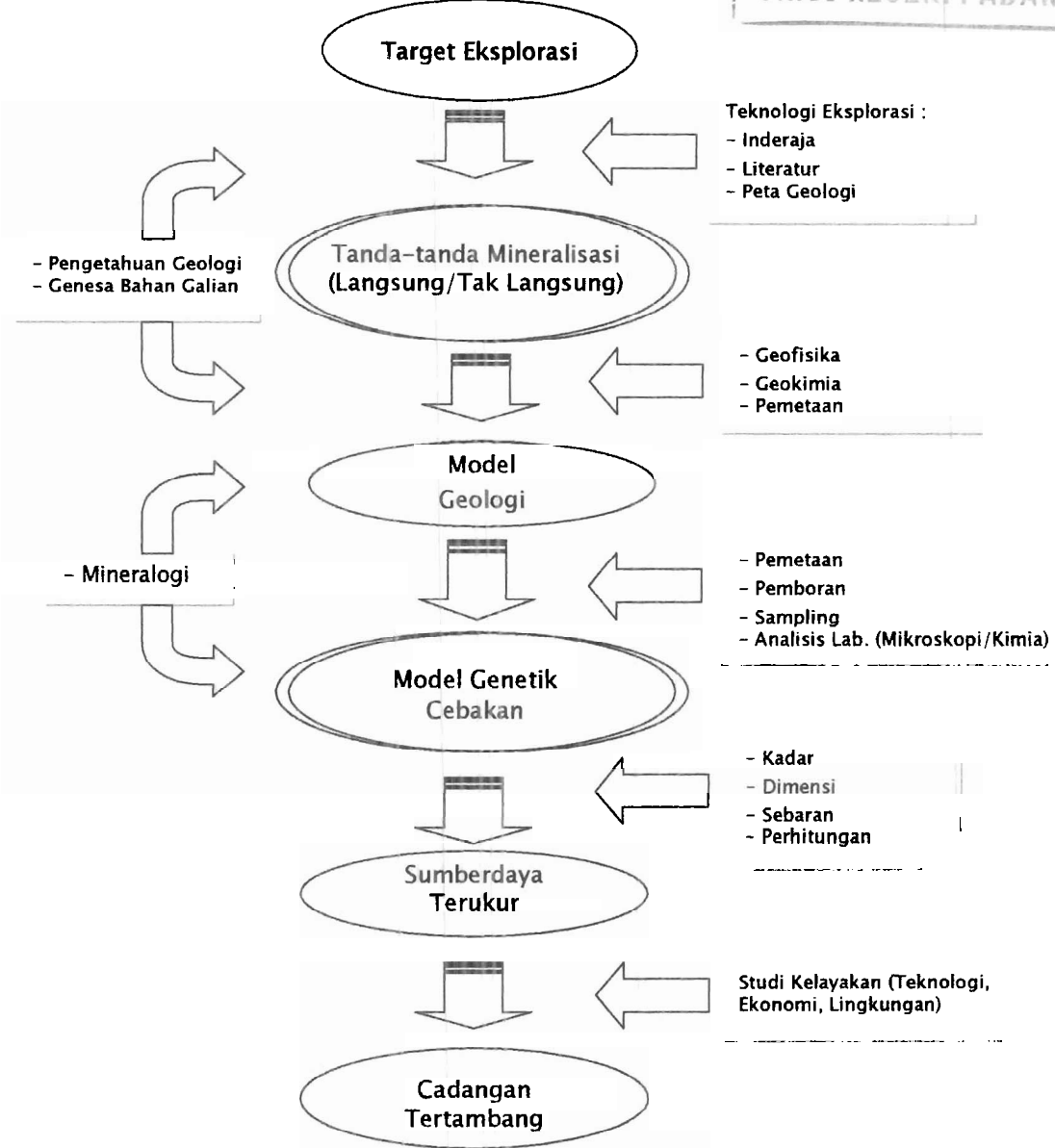
Secara umum, dengan dasar filosofi pembentukan endapan, maka dapat dikembangkan suatu filosofi kegiatan eksplorasi dengan pendekatan (proses) sebagai berikut :

1. Mendapatkan pengetahuan (informasi) tentang hal-hal dasar yang diperoleh melalui suatu rangkaian kegiatan eksplorasi, yaitu berupa :
 - Tipe bijih,
 - Lingkungan geologi batuan induk, berupa :
 - Umur,
 - Tatanan tektonik,
 - Tipe batuan induk,
Hubungan dengan struktur geologi (mikroskopis dan megaskopis),
 - Hubungan dengan gejala-gejala anomali geokimia dan ciri-ciri alterasi,
Aliran fluida dalam batuan induk,
Sejarah metamorfik (mempengaruhi/tidak mempengaruhi badan bijih)
Tanda-tanda sifat geofisika yang dapat dimanfaatkan.
 - Pendekatan realistik dari kadar,
 - Kondisi dan sifat mineralogi bijih,
 - Ukuran (geometri) dan jumlah (kuantitas) endapan.
-

-
2. Pengetahuan tentang proses-proses fisika dan kimia yang menyertai peristiwa pengkonsentrasian suatu logam/endapan/mineral, termasuk kondisi iklim, karena kondisi iklim yang berbeda pada skala waktu geologi, dapat memungkinkan adanya perbedaan dalam karakteristik geologi permukaan, geofisika, dan geokimia.
 3. Pemahaman untuk dapat menghasilkan (mengembangkan) suatu bentuk pemikiran lateral dari pengetahuan konseptual (teoritis) terhadap karakteristik suatu endapan yang dicari, yang sebelumnya belum diketahui keberadaannya, melalui teknik-teknik (teknologi-metodologi) yang sesuai dengan karakteristik endapan tersebut.

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat secara skematik pendekatan (proses) kegiatan eksplorasi secara umum.

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



Gambar 2.2 Pendekatan (proses) kegiatan eksplorasi secara umum

2.2 Konsep Eksplorasi dan Pentahapan Eksplorasi

Banyak definisi yang dapat diuraikan dalam istilah eksplorasi, namun dalam konteks ini secara umum, eksplorasi dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan untuk mencari, menemukan, dan mendapatkan suatu bahan tambang (bahan galian) yang kemudian secara ekonomi dapat dikembangkan untuk diusahakan. Secara konsep, dalam lingkup industri pertambangan, eksplorasi dinyatakan sebagai suatu usaha (kegiatan) yang karena faktor resiko, dilakukan secara bertahap dan sistematis untuk mendapatkan suatu areal yang representatif untuk dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai areal penambangan (dieksploitasi).

Kegiatan eksplorasi dapat dimulai setelah target endapan yang akan dieksplorasi telah ditetapkan. Prosedur berikut merupakan prosedur umum yang diterapkan dalam suatu program eksplorasi :

1. Melakukan pengumpulan data awal mineral dan informasi-informasi yang berhubungan dengan mineral target, dan melakukan analisis terhadap informasi-informasi tersebut untuk mendapatkan hubungan antara ukuran (size), keterdapatannya (sebaran), serta kadar endapan tersebut dalam beberapa kondisi geologi yang berbeda.

Informasi-informasi tersebut dapat diperoleh berupa :

- » Publikasi ilmiah,
 - » *Textbook* geologi/ekonomi,
 - » Publikasi dari badan-badan pemerintahan, termasuk berupa peta-peta geologi dan geofisika, serta laporannya,
 - » Data *remote sensing* seperti foto udara dan citra satelit,
 - » Data hasil survei geofisika udara (*airborne geophysics*),
 - » *Proceeding* dan publikasi-publikasi teknik pada konferensi dan simposium organisasi profesional,
 - » Jurnal teknik dan industri,
 - » Laporan survei yang pernah dilakukan,
 - » Hasil diskusi dengan kontak person dan kolega-kolega seprofesi.
2. Melakukan seleksi data serta membuat sintesis-sintesis untuk menyusun model yang menggambarkan endapan pada beberapa kombinasi lingkungan geologi,
 3. Menyusun skala prioritas berdasarkan gambaran kondisi daerah target eksplorasi,
 4. Melakukan survei geologi pendahuluan dan pengambilan beberapa contoh untuk dapat menghasilkan gambaran awal berdasarkan kriteria seleksi geologi yang telah ditetapkan pada daerah terpilih,

-
5. Mencari informasi pada tambang-tambang endapan sejenis yang telah ditutup maupun sedang beroperasi, dan mencoba menerapkannya jika mempunyai kondisi geologi yang mirip. Jika ternyata mempunyai kondisi yang tidak sesuai, maka perlu dilakukan modifikasi/penyesuaian,
 6. Jika beberapa pendekatan memberikan hasil yang positif, maka perlu disiapkan suatu program sosialisasi dengan komunitas lokal, berupa transfer informasi/gambaran mengenai kegiatan yang akan dilakukan,
 7. Menyusun program dan *budget* eksplorasi untuk pekerjaan-pekerjaan lanjutan, dengan elemen-elemen kunci sebagai berikut :
 - » Program geologi tinjau dan pemetaan,
 - » Program survei dan sampling geokimia,
 - » Program survei geofisika,
 - » Program pemboran dan sampling,
 - » Program evaluasi dampak lingkungan.

Program dan *budget* eksplorasi dapat dikelompokkan menjadi beberapa tahapan sebagai berikut :

Tahap I (Preliminary), yaitu program dengan *budget* rendah yang ditujukan untuk memperoleh informasi umum. Tahap I ini pada umumnya dapat berupa kegiatan :

- » Survei geologi tinjau (*reconnaissance*),
- » Pengecekan-pengecekan data yang sudah ada pada peta geologi regional (*desk study*),
- » Pengambilan beberapa sampel awal geokimia.

Tahap II (Prospecting), yaitu program yang disusun berdasarkan gambaran-gambaran yang telah diperoleh pada tahap I. Tahap II ini pada umumnya berupa kegiatan :

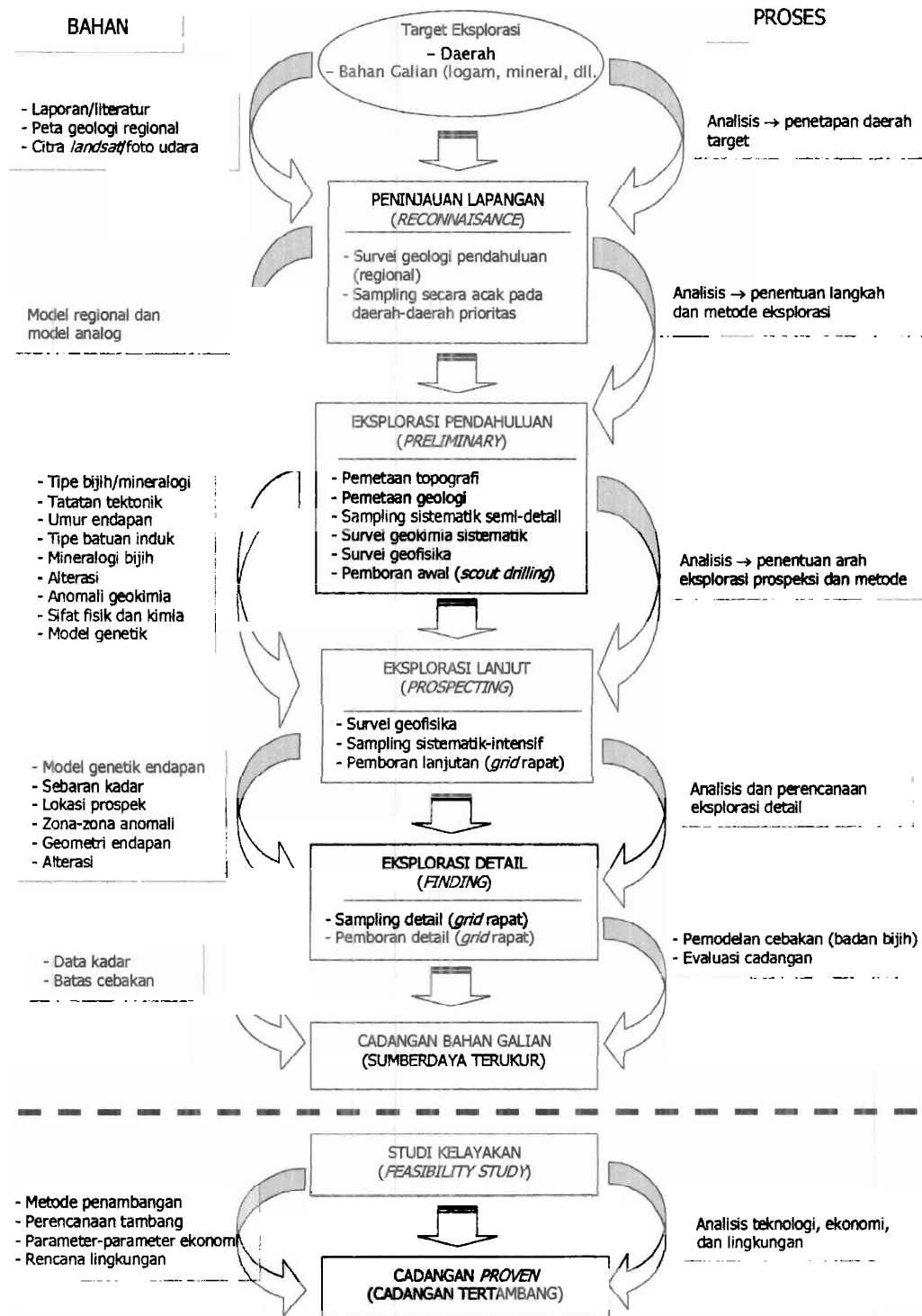
- » Pemetaan geologi,
- » Sampling dan survei geokimia sistematis,
- » Beberapa pemboran dangkal (*scout drilling*),
- » Survei geofisika.

Tahap III (Finding & Calculation/Evaluation), yaitu program yang ditujukan untuk memastikan kondisi endapan yang disusun berdasarkan hasil analisis dan interpretasi hasil tahap II (model genetik). Target awal dipersempit sesuai dengan anomali geokimia dan geofisika yang ditemukan. Pada umumnya program yang direncanakan berupa pemboran dan sampling untuk pemastian anomali-anomali yang ada.

Pada umumnya dari masing-masing tahapan tersebut dibutuhkan re-evaluasi terhadap semua hasil yang diperoleh (berdasarkan aspek geologi, teknik, dan *budget*), untuk pengambilan-pengambilan keputusan terhadap kelanjutan program.

Secara skematik, pentahapan-pentahapan kegiatan eksplorasi tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3 Pentahapan kegiatan eksplorasi

2.3 Teknologi Dalam Eksplorasi

Kegiatan eksplorasi mempunyai hubungan yang erat dengan teknologi yang tersedia, baik berupa peralatan, metode analisis dan interpretasi, serta sarana komputasi. Para pelaku eksplorasi (*the explorationist*) harus sudah terampil dalam penggunaan teknologi. Berikut dijabarkan beberapa hal penting berkaitan dengan teknologi eksplorasi :

1. Sarana transportasi/komunikasi yang memadai (untuk keamanan dan kemudahan akses serta logistik). Untuk transportasi umumnya digunakan *4-wheel drives vehicles, fixed and rotary wing aircraft, boat* dan lain-lain, sedangkan untuk komunikasi adalah radio, HT, HP, SSB, dll.
 2. Teori sampling dan metode sampling geokimia,
 - » *Soil sampling*
 - » *Stream Sediment sampling*
 - » *Rock Chip sampling*
 - » *Mine sampling*
 - » *Waste dump sampling*
 - » *Drillcore sampling*
 3. Geological mapping,
 - » Survei topografi untuk *updating* peta
 - » Interpretasi foto udara dan citra satelit (batuan, struktur)
 - » Identifikasi batuan & mineral baik di lapangan maupun di laboratorium
 - » Sistem navigasi yang presisi dan modern
 4. Sistem data base dan manajemen informasi,
 5. Kartografi dan peta-peta digital (digitasi),
 6. Eksplorasi geofisika dan aplikasinya, meliputi instrumen, pengambilan data, prosesing dan interpretasi data, menggunakan metode :
 - » Survei Magnetik (*airborne dan ground*)
 - » Survei Gayaberat (*Gravity*)
 - » Survei Elektrik (IP, metode magnetotelurik, tahanan jenis, SP, dll.)
 - » Seismik (refleksi dan refraksi)
 - » Georadar
 7. Analisis data mulai dari kompilasi data yang potensial serta aplikasinya sampai analisis untuk penentuan zona-zona anomali.
-

8. Pemboran, yang ditujukan untuk pengujian anomali yang ada dan untuk sampling. Beberapa alat pemboran :

- » *Mud puncher*
- » *Auger*
- » *Rotary Air Blast*
- » *Rotary Percussion*
- » *Reverse circulation*
- » *Core drilling*
- » *Deep-well rotary drilling*

Selain itu, para pelaku dapat memahami (memiliki kemampuan) untuk kelancaran pemboran, yaitu :

- » Pemilihan alat bor,
- » Desain lubang bor,
- » **Teknik pemboran (arah pemboran, kontrol fluida)**
- » Prosedur sampling,
- » Pengelolaan inti bor,
- » *Chip & core drilling*,

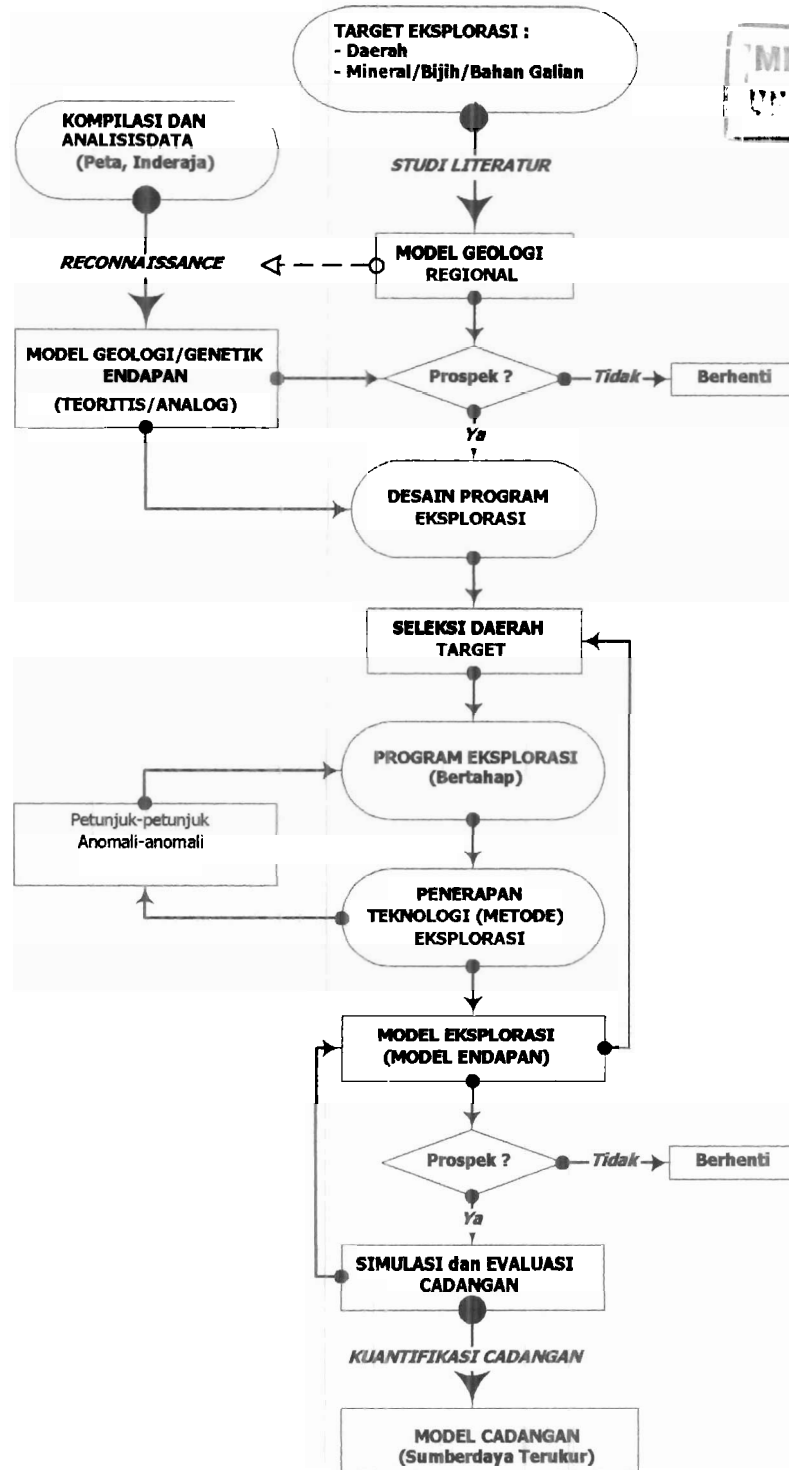
9. Pemodelan endapan baik manual maupun dengan bantuan perangkat lunak (geostatistik s/d pemodelan 3D),

10. Pengelolaan sistem komputer

2.4 Pengambilan Keputusan Pada Setiap Tahapan Eksplorasi

Berdasarkan definisi dan prinsip dasar eksplorasi di atas, maka setiap kegiatan eksplorasi dilaksanakan (direncanakan) secara bertahap, dan unsur design menjadi dasar dalam perencanaan setiap tahapan, mulai dari metode yang paling sederhana sampai dengan metode yang lebih kompleks dan akurat, serta dari biaya yang relatif murah sampai dengan biaya yang lebih mahal.

Secara prinsip, eksplorasi mengandung unsur desain, probabilitas, dan resiko. Adapun prinsip utama dalam eksplorasi; semakin tinggi tingkat kepercayaan yang diinginkan (dalam pentahapan eksplorasi) semakin rapat titik data (*grid density*) yang direncanakan, sehingga semakin besar biaya yang harus dikeluarkan (lihat Gambar 2.4). Titik-titik pengambilan keputusan merupakan suatu saat dimana harus dipilih apakah kegiatan yang dilakukan menghasilkan sesuatu yang prospek untuk diteruskan, atau dianggap sudah tidak prospek lagi untuk dilanjutkan ke tahap lebih detail.



Gambar 2.5 Diagram alir tahapan pengambilan keputusan, sesuai model, hasil interpretasi dan evaluasi dari kegiatan-kegiatan eksplorasi