

**PEMODELAN GEOLOGI DAN POTENSI SUMBERDAYA BIJIH BESI
DI PIT LURAH GADANG KENAGARIAN RANGKIAN LULUIH
KABUPATEN SOLOK PT. AROSUKA MANDIRI**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar sarjana teknik*



Oleh:

**SYARI RAHMA YANTI
18714/2010**

**Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMODELAN GEOLOGI DAN POTENSI SUMBERDAYA BIJIH BESI DI
PIT LURAH GADANG KENAGARIAN RANGKIAN LULUIH
KABUPATEN SOLOK PT. AROSUKA MANDIRI**

Nama : Syari Rahma Yanti
Nim/Bp : 18714/2010
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2014

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



Mulya Gusman, ST, MT
NIP. 19740808 200312 1 001

Pembimbing II



Heri Prabowo, ST, MT
NIP. 19781014 100312 1002

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**



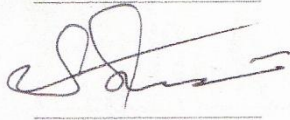
Drs. Bambang Heriyadi, MT
NIP. 19641114 198903 1 002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Dinyatakan Lulus Oleh Tim Penguji Skripsi
Program Studi S-1 Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : PEMODELAN GEOLOGI DAN POTENSI
SUMBERDAYA BIJIH BESI DI PIT LURAH
GADANG KENAGARIAN RANGKIAN LULUIH
KABUPATEN SOLOK PT. AROSUKA MANDIRI
Nama : Syari Rahma Yanti
Nim : 18714/2010
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2014

NAMA	TANDA TANGAN
1. Mulya Gusman, ST, MT	1. 
2. Heri Prabowo ST, MT	2. 
3. Dedy Yulhendra, ST, MT	3. 
4. Ansosry, ST, MT	4. 
5. Dr. Rijal Abdullah, MT	5. 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
Telp. FT: (0751)7055644, 445118 Fax .7055644
Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SYARI RAHMA YANTI
NIM/TM : 18714 /2010
Program Studi : T. PERTAMBANGAN
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul
PEMODELAN GEOLOGI DAN POTENSI SUMBERDAYA BESI BESI
DI PT LIRAH GADANG KENAGARIAN RANGKILANG LULUH KAB. SOLOK
PT. AROSUKA MANDIRI

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Drs. Bambang Heriyadi, MT
NIP. 19641114 198903 1 002

Saya yang menyatakan,

SYARI RAHMA YANTI



BIODATA

I. Data Diri

Nama	: Syari Rahma Yanti
Tempat/Tanggal Lahir	: Solok/ 7 Januari 1993
Jenis Kelamin	: Perempuan
Indeks Prestasi Kumulatif	: 3.55 (skala 4.00)
Golongan darah	: O
Nama Ayah	: Syafrizal
Nama Ibu	: Asriati
Jumlah Bersaudara	: 3 Bersaudara
Alamat Tetap	: Jalan Tembok Raya No 62 , Kec. Tj. Harapan, Kota Solok
Email	: syarirahma93@gmail.com



II. Data Pendidikan

1997-1998	: TK Islam Radhatul Athfal Kota Solok
1998-2004	: SDN 16 Nan Balimo Kota Solok
2004-2007	: SMPN 1 Kota Solok
2007-2010	: SMAN 4 Kota Solok
2010-2014	: Universitas Negeri Padang

Padang, September 2014

Syari Rahma Yanti

18714/200

ABSTRAK

Syari Rahma Yanti. Pemodelan Geologi dan Potensi Sumberdaya Bijih Besi di Pit Lurah Gadang Kenagarian Rangkiang Luluhi Kabupaten Solok

PT Arosuka Mandiri berlokasi di Kabupaten Solok. Kegiatan eksplorasi bijih besi dilakukan di daerah Rangkiang Luluhi dimana pada daerah tersebut diprediksi memiliki potensi bijih besi. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi *Rockwork 15* untuk pemodelan dan menghitung estimasi sumberdaya. Luasan daerah penelitian adalah 50 ha, dengan 11 titik bor. Input data berupa data lubang *bore*, data litologi, dan data geologi yang dibuat di dalam lembar kerja Ms.exel, yang kemudian di *import* kedalam *Rockwork15*. *Spacing* yang digunakan dalam *project dimension* adalah 10x10x5 meter sehingga diperoleh *nodes* 49x36x40.

Berdasarkan hasil pemetaan topografi daerah penelitian yang telah dikorelasikan dengan hasil pemodelan *easy maps* daerah penelitian merupakan perbukitan yang berlereng sedang sampai terjal dengan kemiringan antara 20° sampai dengan 45°. Dari data *borehole*, litologi terdiri atas susunan soil, batu lempung, batu pasir, batu lempung pasir, kuarsit, sekis, dan filit. Berdasarkan hasil pemodelan dapat dilihat bahwa tidak semua titik bor memiliki potensi bijih besi yang besar, akan tetapi ada beberapa titik yang diasumsikan memiliki potensi bijih besi. Diasumsikan bahwa pembentukan bijih besi di daerah ini adalah merupakan hasil kontak metamorfik antara batuan metamorf berumur Perm–Karbon yang terdiri dari kuarsit, batupasir, filit, yang diintrusi oleh batuan granitik berumur Trias, dimana batuan yang berumur tua di intrusi oleh batuan berumur muda akibat adanya peristiwa tektonik.

Perhitungan volume sumberdaya pada *rockwork15* menggunakan metoda *Invers Distance*. Berdasarkan hasil perhitungan volume dari data litologi per titik elevasi, diketahui bahwa total volume adalah 4.365 .000 m³, potensi sumberdaya 922.510 ton setelah dikalikan dengan *density* masing-masing.

Keywords: litologi, pemodelan, sumberdaya, *rockwork 15*

ABSTRACT

Syari Rahma Yanti. Geological Modelling and Resource Potential Iron Ore Pit Lurah Gadang Kenagarian Rangkiang Luluih Kota Solok PT. Arosuka Mandiri.

PT. Arosuka Mandiri located in Solok, that have iron ore exploration activities in the area Rangkiang Luluih, where in the area is predicted to have the potential of iron ore. In this research using rockwork 15 application for modeling and calculating the resource estimate. The area is 50 ha and have 11 drill holes. For operation the rockworks application we have needed that drill holes data, lithology, and geology created using Ms.excel and then import to Rockwork15 application. Space used in the project dimension is 10x10x5 meters and have nodes 49x36x40.

Based on the results of topographic mapping from research area that correlated with the modeling easy maps the locations is hilly area with slope between 20° until 45°, . This hilly area is formed by the old sedimentary lithologies include quartz sandstone, mudstone, metamor rocks like quartzite, phyllite and schist which is intruded by granitic rocks. From drill holes information, lithology consists of the composition of soil, clay stone, sandstone, sandy clay, quartzite, schist and phyllite. Based of modeling results, we can be conclude that not all drill holes has the potential of iron ore, but there are some points that are assumed to have the potential iron ore. That the formation of iron ore in this area is the result of a contact metamorphic between metamorphic rocks old Perm-Carbon consisting of quartzite, sandstone, flit, which is intruded by granitic Triassic rocks, where rocks on aging at the young age of intrusion by rocks due to tectonic events.

The calculation of the volume of resources at rockwork15 using Inverse Distance method. Based of the calculation volume on lithology by the elevation, we can conclude the volume is 4365 000 m³, the resource potential after being multiplied by the density of each is 922.510 ton.

Keywords: lithology, modeling, resources, rockwork 15

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul **“PEMODELAN GEOLOGI DANPOTENSI SUMBERDAYA BIJIH BESI DI PIT LURAH GADANG KENAGARIAN RANGKIAN LULUIH KABUPATEN SOLOK”**

Skripsi ini disusun berdasarkan pengamatan di lapangan serta analisa data yang ada pada Pit Lurah Gadang., PT. Arosuka Mandiri

Selama proses pengambilan data hingga penyusunan naskah Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan, ilmu danpengalaman dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang tuayang telah memberikan support dan doanya selama ini.
2. Bapak Mulya Gusman, ST, MT selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukannya agar penulisan tugas akhir ini bisa diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Heri Prabowo, ST, MT selaku pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan– masukan agar sempurnanya penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs.Bambang Heriyadi, MT selaku ketua jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Hilman Ibrahim selaku Pengawas Operasional PT. Arosuka Mandiri beserta keluarga besar dari PT. Arosuka Mandiri.
6. Dosen dan Staf administrasi jurusan teknik pertambangan yang telah banyak membantu penulis selama kuliah dijurusan Teknik Pertambangan dan banyak

membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Teman-teman S1 Teknik Pertambangan angkatan 2010, terimakasih atas semangat dan motivasinya.
8. Seluruh Keluarga Besar penulis yang selalu mensupport dan mendoakan agar penulis bisa berhasil kelak.
9. Keluarga besar jurusan teknik pertambangan Universitas Negeri Padang. Penulis sadar, dalam pembuatan laporan ini masih terdapat kesalahan dan ketidak sempurnaan, diharapkan masukan dan saran agar laporan ini lebih baik kedepannya. Semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua dan bisa sebagai bahan pembelajaran kedepannya.

Padang, September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBARUJIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Maksud dan Tujuan.....	3
D. Perumusan Masalah	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Metodologi Penelitian	4
G. Sistematika Penulisan	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambaran Umum ilayah Kabupaten Solok	8
---	---

B. Geologi Daerah Solok dan Sekitarnya	8
C. Lokasi Penelitian	10
D. Kondisi Masyarakat	11
E. Genesa Bijih Besi.....	12
F. Mineral dan Bijih	15
G. Batuan	20
H. Kemagnetan Batuan	26
I. Suseptibikitas Magnetik	30
J. Kemagnetan Mineral	34
K. Metode Identifikasi Mineral Magnetik	39
L. Ekspolorasi	40
M. Eksporasi Bijih Besi	41
N. Kriteria Geologi	43
O. Konsep Pemodelan dan Basis Data Komputer	45
P. Pentingnya Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya	47
Q. Metode <i>Invers Distance</i>	49
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jadwal Kegiatan	52
B. Objek Penelitian	52
C. Jenis dan Sumber Data	52
D. Instrumen dan Teknik Pengolahan Data	53
E. Interpretasi Data	59
 BABIV PEMBAHASAN DAN INTERPRETASI	
A. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	61

B. <i>Easy Maps</i>	62
C. <i>Grid Base Maps</i>	63
D. Model 3 Dimensi Data Bor	64
E. Pemodelan 3 Dimensi Data	65
F. Model Penampang (<i>Cross Section</i>) litologi	67
G. Diagram Fance	71
H. Pemodelan <i>Isopach</i> 3 Dimensi	71
I. Perhitungan Sumberdaya	72

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	74
B. Saran.....	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Mineral-mineral Bijih Besi Bernilai Ekonomis	18
Tabel 2. Sifat Magnetik dari Sejumlah Batuan dan Mineral Magnetik	29
Tabel 3. Jadwal Penelitian	52
Tabel 4. <i>Project Dimention</i>	62
Tabel 5. Estimasi Sumbedaya	73
Tabel 6. Asumsi Jumlah Waste	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Geologi Regional Daerah Sumiso dan Sekitar Kabupaten Solok, Sumatra Barat.....	10
Gambar 2. Lokasi Penyelidikan Potensi Bijih Besi	11
Gambar 3. Ganesa Bijih Besi di Daerah Sumiso, Kab. Solok	13
Gamabar 4. <i>Bowen's Reaction Series</i>	21
Gambar 5. Siklus Batuan	25
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Magnetik χ Terhadap	36
Gambar 7. Metode Seperjarak (<i>Invers Distance</i>)	51
Gambar 8. Peralatan Geologi di Lapangan	53
Gambar 9. Pengaturan Batasan Projek pada <i>Rockwork</i> 15	54
Gambar 10. Informasi Lokasi <i>Borehole</i>	55
Gambar 11. Jendela <i>Utilities</i>	55
Gambar 12. Contoh Log Litologi 3D.....	56
Gambar 13. Contoh <i>Cross Section</i>	57
Gambar 14. Contoh Model Solid	58
Gambar 15. Contoh Diagram Fence.....	58
Gambar 16. Diagram Alir Penelitian	60
Gambar 17. <i>Preview Dimention</i>	62
Gambar 18. EZ Map dengan Interpolasi.....	63
Gambar 19. Elevasi 3 Dimensi.....	64
Gambar 20. Model Log Litologi <i>Borehole</i>	65
Gambar 21. Model Litologi Tampak Atas	66
Gambar 22. Model Litolgi Tampak Bawah	66
Gambar 23. <i>Cross Section A-A'</i>	68
Gambar 24. <i>Cross Section B-B'</i>	69
Gambar 25. <i>Cross Section C-C'</i>	70
Gambar 26. Diagram Fence dari Model Litologi.....	71
Gambar 27. <i>Isopach</i> 3 Dimensi Dari Kuarsit.....	72

Gambar 28. <i>Isopach</i> 3 Dimensi Filit.....	72
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PETA BATAS ADMINISTRASI KABUPATEN SOLOK
LAMPIRAN B	PETA TOPOGRAFI KABUPATEN SOLOK
LAMPIRAN C	PETA GEOLOGI KABUPATEN SOLOK
LAMPIRAN D	PETA TOPOGRAFI DAERAH PENELITIAN
LAMPIRAN E	PERHITUNGAN VOLUME PADA <i>ROCKWORK 15</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Konsumsi baja terus meningkat, ini ditandai dengan semakin meningkatnya pembangunan struktur dan infrastuktur yang meliputi manufaktur, otomotif, dan lain – lain. Berdasarkan data yang diperoleh dari data *World Steel* tahun 2013, konsumsi baja dunia diprediksi mencapai 1.913 juta ton dan konsumsi baja nasional mencapai 6,8 juta ton. Untuk memenuhi kebutuhan baja nasional, Indonesia masih mengimpor sebagian bahan baku pembuatan baja dari luar negeri, salah satunya adalah bijih besi.

Pada kenyataan Indonesia adalah negara yang kaya akan sumberdaya alam. Salah satu sumberdaya alam Indonesia yang potensial adalah bijih besi, dengan estimasi cadangan bijih besi primer 320 juta MT dan kadar 25-62% Fe, bijih besi laterit dengan estimasi cadangan 1.391 juta MT dan kadar 40-56% Fe, serta pasir besi dengan estimasi cadangan 600 juta MT dan kadar 25-40% Fe (Koesnohadi dan Sobandi, 2008). Untuk menunjang kebutuhan baja dan mengurangi impor dari luar negeri maka dilakukan eksplorasi dan eksploitasi bijih besi di Indonesia.

Provinsi Sumatera Barat memiliki potensi bijih besi yang cukup besar. PT. Arosuka Mandiri yang berlokasi di Kabupaten Solok melakukan kegiatan eksplorasi bijih besi di daerah Rangkiang Luluh dimana pada daerah tersebut diprediksi memiliki potensi bijih besi.

Menurut Peta Geologi Regional Lembar Solok, skala 1:250.000 (P.H.Silitong &Kastowo), satuan batuan yang terdapat di daerah penyelidikan, dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

- Anggota Bawah Formasi Kuantan (Pckq), berumur Perm, terdiri dari kuarsit, batupasir kuarsa dengan sisipan filit, batusabak, serpih, batuan gunungapi tuf klorit, konglomerat, rijang.
- Batuan metamorf anggota batusabak dan serpih Formasi Tuhur (Tts), berumur Trias, terdiri dari batusabak, serpih napalan dengan sisipan rijang, serpih hitam terkersikan dan lapisan tipis *grewacke*.
- Granit (g) berumur Trias, berwarna abu-abu kehijauan, holokristalin, masive, menyebar luas di daerah penyelidikan
- Batuan intrusi gunungapi andesit Gunung Talang (Qatg), berumur Kwartar, terdiri dari breksi, lahar, lava dan tuff bersusunan basal dan andesit.

Berdasarkan informasi tersebut dan didukung dari data kegiatan geofisika dan pemboran yang telah dilakukan sebelumnya maka perlu dilakukan pemodelan geologi dan sumberdaya bijih besi tersebut.

Pemodelan geologi diperlukan dalam estimasi sumberdaya karena akan memberikan perkiraan bentuk atau dimensi endapan dan distribusi ruang dalam suatu endapan yang kemudian akan dipergunakan dalam penentuan jumlah sumberdayaatau cadangan dan umur tambang. Pemodelan bawah permukaan merupakan gambaran dari suatu kenampakan di bawah permukaan baik litologi, struktur atau segala sesuatu yang ada di bawah permukaan bumi. Penampang bawah permukaan berguna untuk menggambarkan keadaan

geologi dalam bentuk visual, dengan itu suatu endapan dapat dengan mudah diinterpretasikan.

Dalam penelitian ini untuk pemodelan geologi dan perhitungan volume asumsi sumberdaya menggunakan aplikasi *Rockwork 15* sebagai basis dalam proses pengolahan data.

B. Identifikasi Masalah

1. Mengidentifikasi data log bor dan data eksplorasi pemboran berupa *susceptibility* batuan.
2. Mengidentifikasi keadaan dan model litologi bawah permukaan daerah penelitian.
3. Menghitung volume sumberdaya bijih besi.

C. Maksud dan Tujuan

Maksud dari Penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program S-1 Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang, dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi geologi bawah permukaan daerah penelitian secara umum yaitu litologi daerah penelitian.
2. Melakukan pemodelan 3 dimensi terhadap litologi di daerah penelitian.
3. Mengestimasi sumberdaya yang diasumsikan mengandung potensi bijih besi di daerah penelitian.

D. Perumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi geologi daerah Rangkiang Luluh dan sekitarnya?

2. Bagaimana interpretasi data pemboran dan data *susceptibility* batuan untuk menentukan litologi di daerah penelitian?
3. Bagaimana menghitung volume untuk estimasi sumberdaya yang diasumsikan mengandung potensi bijih besi berdasarkan data dari hasil pemodelan bawah permukaan?

E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini mengarah kepada estimasi sumberdaya yang diasumsikan mengandung potensi bijih besi di bukit Lurah Gadang berdasarkan hasil dari pemodelan geologi dengan luasan Izin Usaha Penambangan (IUP) 50 ha dan menggunakan skala peta 1: 250.000. Penelitian dilakukan selama 2 bulan. Untuk data yang tersedia adalah data geologi berupa peta topografi dan data geofisika berupa data dari geolistrik dan geomagnet serta data dari Kappameter yang merupakan hasil *susceptibility* dari *coring* di lapangan.

F. Metodologi Penelitian

Metoda penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode deskripsi kuantitatif, dengan tahap penelitian:

1. Tahap Persiapan
 - a. Studi literatur

Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui buku-buku. Selain itu penulis mempelajari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya berupa jurnal, thesis dan skripsi.

- b. Mengumpulkan peta topografi, peta geologi regional, dan gambaran umum mengenai daerah penelitian.

2. Tahap Penelitian Lapangan

- a. Melakukan orientasi lapangan serta observasi untuk penentuan titik pengamatan.
- b. Pengambilan data berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diambil langsung dari pengukuran atau pengamatan, seperti jumlah lubang bor, nilai kerentanan magnet, sedangkan data sekunder adalah data yang diambil dari literatur atau laporan perusahaan, seperti data lubang bor, peta topografi, peta geologi regional.

3. Tahap Pengolahan Data dan Analisa Data

Pengolahan data dan analisis data yang ada untuk mendapatkan alternatif pemecahan masalah yang dibahas, kemudian melakukan perhitungan untuk alternatif pemecahan masalah sehingga dapat menyelesaikan masalah yang dibahas.

Pengolahan data dilakukan berdasarkan database yang merupakan rekapitulasi data primer dan sekunder. Hasil rekapitulasi data tersebut dipakai untuk pemodelan geologi dengan menggunakan aplikasi *Rockwork 15*.

Kemudian dilanjutkan dengan analisis data, pada tahap ini dilakukan analisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif berdasarkan hasil pemodelan geologi bawah permukaan daerah penelitian, sedangkan analisis kuantitatif yaitu analisis terhadap volume bijih besi yang

pemodelan geologi bawah permukaan daerah penelitian, sedangkan analisis kuantitatif yaitu analisis terhadap volume bijih besi yang didapatkan, ini dipergunakan dalam mengestimasi sumberdaya di daerah penelitian.

4. Hasil Akhir

Hasil akhir yang diharapkan yaitu berupa pemodelan 3 dimensi pemodelan geologi terhadap sumberdaya bijih besi dan estimasi cadangan dari bijih besi di lokasi penelitian.

G. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari 5 (lima) Bab yang disertai dengan lampiran-lampiran dan secara garis besar masing-masing bab akan membahas hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan terdiri dari latar belakang Tugas Akhir, identifikasi masalah, maksud dan tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN UMUM

Pada bab ini berisikan tentang geologi daerah kota Solok, geologi daerah penelitian, lokasi penelitian, profil perusahaan, kondisi masyarakat, ganesa bijih besi. dan juga berisikan literatur penelitian-penelitian sebelumnya mengenai bijih besi, eksplorasi, pemodelan geologi, estimasi sumberdaya, dan teori –teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan jadwal kegiatan, objek penelitian, jenis dan sumber data, instrumen dan perancangan teknik pengolahan data, serta interpretasi yang akan dilakukan.

BAB IV PEMBAHASAN DAN INTERPRETASI

Berisikan pembahasan, serta interpretasi dari pemodelan yang telah dilakukan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hasil penelitian yang merupakan jawaban dari perumusan masalah, serta berisikan saran yang merupakan bentuk tindakan lebih lanjut terhadap hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN UMUM

A. Gambaran Umum Wilayah Kabupaten Solok

Kabupaten Solok terdiri dari 14 kecamatan, yaitu Kec. Payung Sekaki, Tigo Lurah, Lembah Gumanti, Danau Kempar, IX Koto Sungai Lasi, Kubung, Hiliran Gumanti, Pantai Cermin, Bukit Sundi, Lembang Jaya, Gunung Talang, Junjung Sirih, X Koto Datus, dan X Koto Singkarak. Kabupaten Solok memiliki luas wilayah 373800 ha (3.738 km²), dengan pusat daerah di Arosuka. Secara geografis letak Kabupaten Solok berada antara 0° 32' 14"LS - 01° 46' 45" LS dan 100° 25' 00"BT - 101° 41' 41" BT..Kabupaten Solok berbatasan dengan :

Sebelah Utara : Kab. Tanah Datar

Sebelah Timur : Kab. Sawah Lunto/ Sijunjung

Sebelah Selatan : Kab. Solok Selatan

Sebelah Barat : Kota Padang dan Kab. Pesisir Selatan

B. Geologi Daerah Solok dan Sekitarnya

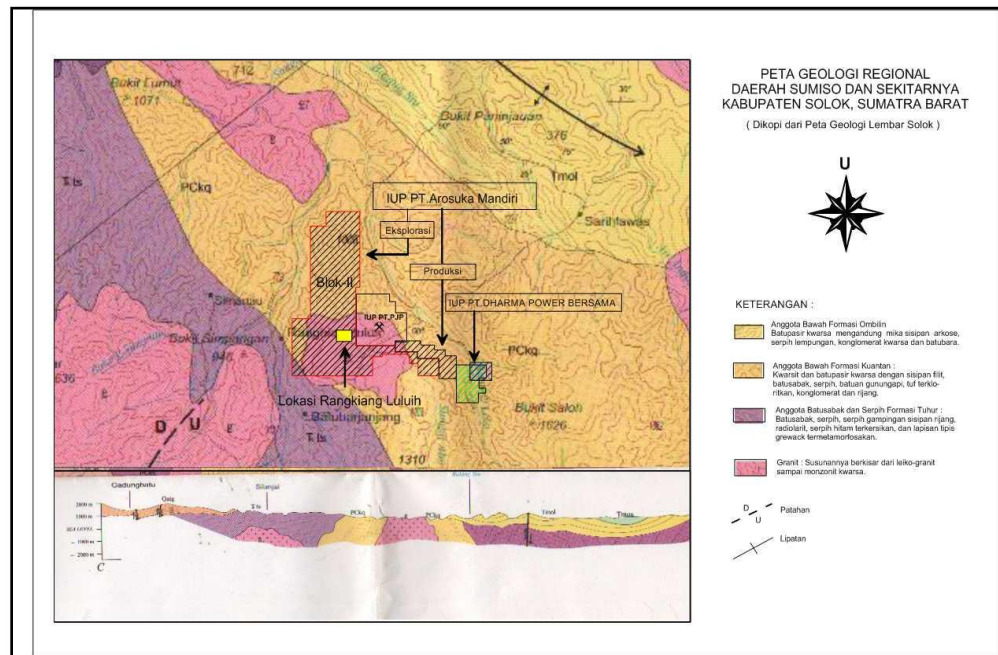
Secara regional, daerah penyelidikan terletak pada jalur *magmatic/vulkanisme* sebagai hasil tumbukan antara lempeng benua asia dan lempeng Samudra Hindia. Tumbukan kedua lempeng tersebut membentuk zona struktur patahan besar memanjang berarah baratlaut–tenggara yang dikenal sebagai Zona Struktur Besar Semangko. Sebagai jalur aktif *magmatic/volakanisme*, maka di sepanjang zona ini juga merupakan daerah potensi terjadinya mineralisasi dimana cairan magma yang naik ke atas

berinteraksi dengan airtanah membentuk cairan *hydrothermal* yang kaya akan mineral, cairan *hydrothermal* tersebut naik ke atas melalui sesar sebagai zona lemah dan mengendap pada rekahan-rekahan atau pori-pori batuan.

Secara regional, geomorfologi daerah penyelidikan termasuk dalam bagian jalur Pegunungan Bukit Barisan Sumatra yang memanjang berarah baratlaut-tenggara, dibentuk oleh batuan sedimen tua, batuan metamorf dan batuan intrusi granitik, berlereng sedang sampai terjal dengan kemiringan 20° sampai lebih dari 45° , interval ketinggian antara 800 sampai dengan 1100 meter di atas permukaan laut.

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Solok, skala 1:250.000 (P.H.Silitonga&Kastowo), satuan batuan yang terdapat di daerah penyelidikan, dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

- a. Anggota Bawah Formasi Kuantan, berumur Perm, terdiri dari kuarsit, batupasir kwarsa dengan sisipan filit, batusabak, serpih, batuan gunungapi tuf klorit, konglomerat, rijang.
- b. Batuan metamorf anggota batusabak dan serpih Formasi Tuhur, (berumur Trias), terdiri dari batusabak, serpih napalan dengan sisipan rijang, serpih hitam terkarsikan dan lapisan tipis grewacke.
- c. Granit (g) berumur Trias, berwarna abu-abu kehijauan, holokristalin, masive, menyebar luas di daerah penyelidikan
- d. Batuan intrusi gunung api andesit Gunung Talang (Qatg), berumur Kwartar, terdiri dari breksi, lahar, lava dan tuf bersusunan basal dan andesit.

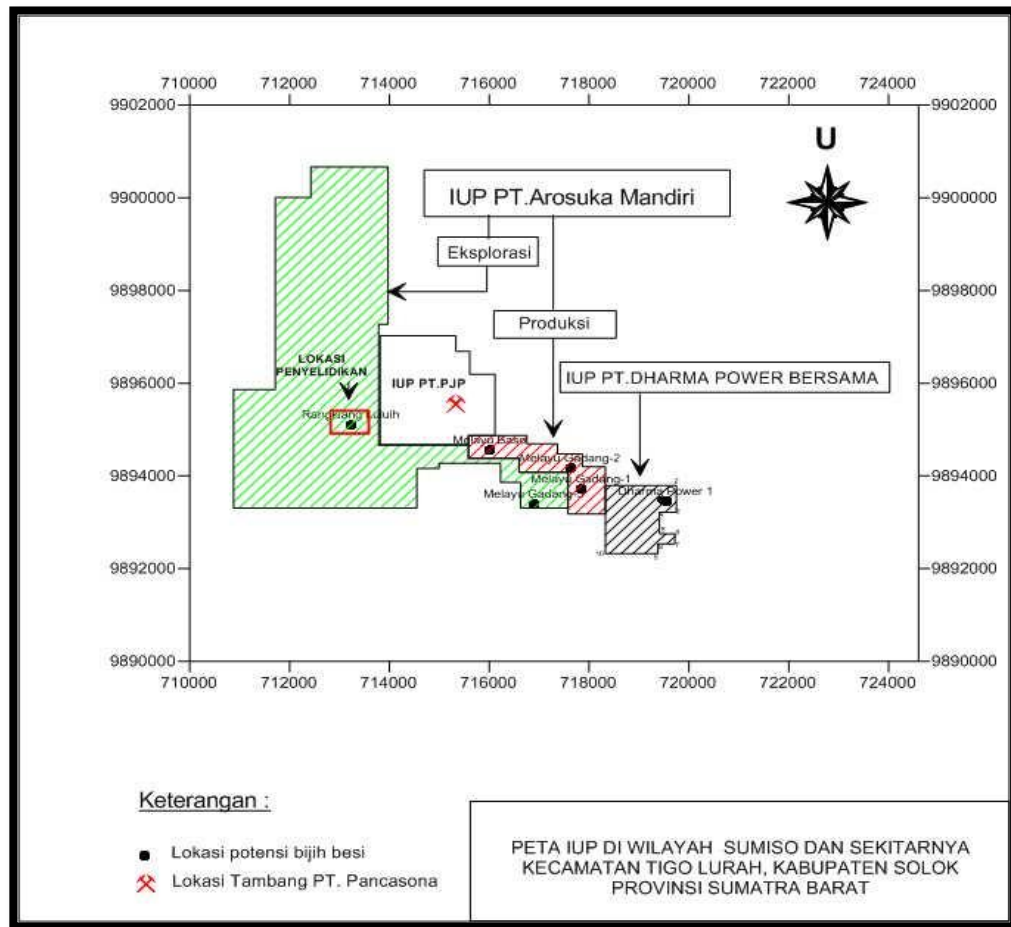


**Gambar 1. Geologi Regional Daerah Sumiso dan Sekitar
Kabupaten Solok, Sumatra Barat**

Sumber: P.H.Silitongga dan Kastowo

C. Lokasi Penelitian

Secara administrative wilayah Izin Usaha Pertambangan bijih besi PT. Arosuka Mandiri termasuk dalam wilayah Rangkiag Luluhi, Nagari Sumiso, Kecamatan Tigo Lurah, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatra Barat. Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat UTM (Universal Transverse Mercator) Easting: 712800–713600 dan Northing: 9894800–9895700. Wilayah IUP PT. Arosuka Mandiri mempunyai luas 50 ha.



Gambar 2. Lokasi Penyelidikan Potensi Bijih Besi

Untuk sampai ke lokasi penelitian dapat dilalui dengan menempuh jalur darat. Dari kota Padang–Kota Solok–Sirukam–Tanjung Barisi–Rangkiang Luluh, dengan akumulasi jarak ± 148 km, dan akumulasi waktu tempuh ± 6 jam, dihubungkan oleh jalan aspal dan jalan dipekeras batu dengan kondisi rusak yang hanya dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan roda empat *double garden*.

D. Kondisi Masyarakat

Penduduk Nagari Sumiso Kecamatan Tigo Lurah Kabupaten Solok Provinsi Sumatera Barat dan sekitarnya merupakan masyarakat asli suku

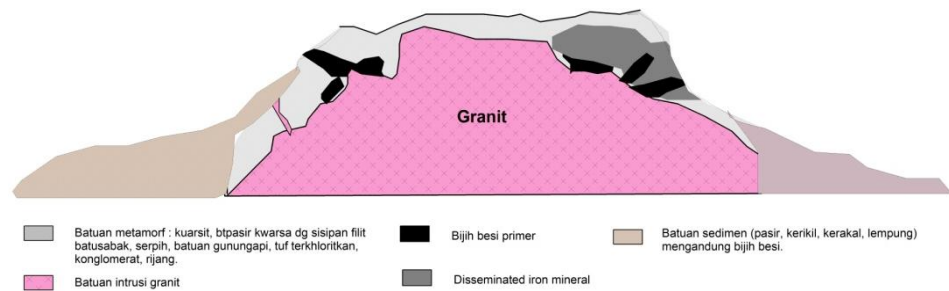
Minang. Kebanyakan penduduk merantau ke kota-kota besar di Indonesia sebagai pedagang. Pada umumnya masyarakat di sana beragama Islam. Kondisi ekonomi masyarakat sudah cukup baik, dengan sudah adanya pasokan listrik. Untuk fasilitas MCK belum memadai karena masih menggunakan area sungai.

E. Ganesa Bijih Besi

Proses terjadinya cebakan bahan galian bijih besi berhubungan erat dengan adanya peristiwa tektonik pra-mineralisasi. Akibat peristiwa tektonik, terbentuklah struktur sesar, struktur sesar ini merupakan zona lemah yang memungkinkan terjadinya magmatisme, yaitu intrusi magma menerobos batuan tua. Akibat adanya kontak magmatik ini, terjadilah proses rekristalisasi, alterasi, mineralisasi, dan penggantian (*replacement*) pada bagian kontak magma dengan batuan yang diterobosnya.

Perubahan ini disebabkan karena adanya panas dan bahan cair (*fluida*) yang berasal dari aktivitas magma tersebut. Proses penerobosan magma pada zona lemah ini hingga membeku umumnya disertai dengan kontak metamorfosa. Kontak metamorfosa juga melibatkan batuan samping sehingga menimbulkan bahan cair (*fluida*) seperti cairan magmatik dan metamorfik yang banyak mengandung bijih.

Endapan mineral bijih besi sekunder berupa pasir, kerikil-kerakal sampai bongkah yang ada di sekitar singkapan terjadi sebagai produk erosi karena ada pengangkatan.



Baik magnetite (Fe_3O_4) maupun hematite (Fe_2O_3), keduanya adalah besi oksida, meskipun demikian proses oksidasi terbentuknya kedua oksida besi tersebut tidaklah sama. Hematite hanya mempunyai tipe Fe^{3+} saja sedangkan magnetite bersifat Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Suatu element terikat pada kondisi oksidasi tinggi atau rendah tergantung pada berapa banyak anion oksigen bebasnya pada saat terbentuknya mineral tersebut. Lebih banyak oksigen yang ada maka lebih tinggi tingkat oksidasinya. Hematite terbentuk pada kondisi dimana keberadaan oksigen lebih banyak dibandingkan magnetite, seperti kandungan air yang lebih banyak atau secara geologi mempunyai kontak dengan atmosfer lebih baik atau lebih luas.

Untuk memperoleh kondisi kombinasi Fe^{2+} dan Fe^{3+} bersama-sama, magnetite membutuhkan paling tidak nilai O_2 (tingkat pergerakan anion) yang moderat. Pada kedalaman atau jauh dari permukaan, magma biasanya lebih bersifat mafic ke ultramafic sehingga nilai O_2 -nya cenderung lebih rendah. Secara tipikal, magma umumnya miskin air yang mana mempengaruhi terhadap nilai pergerakan O_2 . Mineral oksida yang pertama terbentuk pada ultramafic adalah rutil (TiO_2) atau ilmenit (FeTiO_3), Ion Fe pada ilmenit adalah $2+$. Dalam suatu sistim, Fe pertama kali akan terbentuk menjadi olivine

atau mineral silikat lainnya dalam bentuk Fe^{2+} . Perkembangan yang terjadi pada magma dari kondisi intermediate ke asam, cenderung akan mempunyai kandungan air yang lebih banyak dan mempunyai nilai O_2 lebih tinggi. Pada jenis batuan ini, magnetit akan terbentuk sebagai komponen minoritas dalam batuan. Magnetit juga akan terbentuk dalam batuan metamorphic dalam jumlah sedikit. Dalam beberapa hal tertentu, magnetit dapat dijumpai dalam jumlah berlimpah seperti dalam formasi berlapis dan lapisan intrusi bersifat mafic yang menghasilkan bijih besi. Hal penting yang perlu diketahui dari mineral magnetit ialah bahwa magnetit mempunyai sifat membentuk medan magnet sehingga keberadaannya mudah diketahui.

Pada kondisi dimana kandungan oksigen, magnetit dapat teralterasi dan berubah dengan mudah menjadi hematite, jadi batuan yang mengandung magnetit dapat juga mengandung banyak hematite karena perubahan dari magnetit menjadi hematite. Hematit juga dapat terbentuk dalam lingkungan sedimen, mineral mata air panas, sebagai bagian dari soil hasil pelapukan batuan mafic-ultramafic dan dalam beberapa jenis batuan gunungapi. Formasi batuan dengan perlapisan mineral besi, bila teralterasi juga dapat berubah menjadi lapisan batuan dengan kandungan hematite yang cukup significant sebagai sumber bijih besi.

F. Mineral dan Bijih

Proses dan aktivitas geologi bisa menimbulkan terbentuknya batuan dan cebakan mineral. Cebakan mineral adalah endapan bahan-bahan atau material baik berupa mineral maupun kumpulan mineral (batuan) yang mempunyai arti ekonomis (berguna dan menguntungkan bagi kepentingan umat manusia).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemungkinan pengusahaan cebakan dalam arti ekonomis adalah: bentuk cebakan, besar dan volume cadangan, kadar, lokasi geografis, biaya pengolahannya. Dari distribusi unsur-unsur logam dan jenis-jenis mineral yang terdapat didalam kulit bumi menunjukkan bahwa hanya beberapa unsure logam dan mineral saja yang mempunyai prosentasi relative besar, karena pengaruh proses dan aktivitas geologi yang berlangsung cukup lama, presentase unsur-unsur dan mineral-mineral tersebut dapat bertambah banyak pada bagian tertentu karena proses pengayaan, bahkan pada suatu waktu dapat terbentuk endapan mineral yang mempunyai nilai ekonomis. Proses pengayaan ini dapat disebabkan oleh: proses pelapukan dan transportasi, proses ubahan karena pengaruh larutan sisa magma. Proses pengayaan tersebut dapat terjadi pada kondisi geologi dan persyaratan tertentu.

Kadar minimum logam yang mempunyai arti ekonomis nilainya jauh lebih besar daripada kadar rata-rata dalam kulit bumi. Faktor perkalian yang bisa memperbesar kadar mineral yang kecil sehingga bisa menghasilkan kadar minimum ekonomis yang disebut faktor pengayaan (*Enrichment Factor* atau *Concentration Factor*).

Dari sejumlah unsur atau mineral yang terdapat didalam kulit bumi, ternyata hanya beberapa unsur atau mineral saja yang berbentuk unsur atau elemen tunggal (*native element*). Sebagian besar merupakan persenyawaan unsur-unsur dan membentuk mineral atau asosiasi mineral. Mineral yang mengandung satu jenis logam atau beberapa asosiasi logam disebut mineral logam (*Metallic mineral*). Apabila kandungan logamnya trelatif besar dan terikat secara kimia dengan unsur lain maka mineral tersebut disebut Mineral Bijih (*ore mineral*). Bijih/*ore* adalah material/batuan yang terdiri dari gabungan mineral bijih dengan komponen lain (mineral non logam) yang dapat diambil satu atau lebih logam secara ekonomis. Apabila bijih yang diambil hanya satu jenis logam saja maka disebut *single ore*. Apabila yang bisa diambil lebih dari satu jenis bijih maka disebut *complex-ore*.

Mineral non logam yang dikandung oleh suatu bijih pada umumnya tidak menguntungkan bahkan biasanya hanya mengotori saja, sehingga sering dibuang. Kadang-kadang apabila terdapatkan dalam jumlah yang cukup banyak bisa dimanfaatkan sebagai hasil sampingan (*by-product*), misalnya mineral kuarsa, fluorit, garnet dan lain-lain. Mineral non logam tersebut disebut *gangue mineral* apabila terdapat bersama-sama mineral logam didalam suatu batuan. Apabila terdapat didalam endapan non logam yang ekonomis, disebut sebagai *waste mineral*, yang termasuk golongan endapan mineral non logam adalah material-material berupa padat, cairan atau gas. Material-material tersebut bisa berbentuk mineral, batuan, persenyawaan hidrokarbon atau berupa endapan

garam. Contoh endapan ini adalah mika, batuan granit, batubara, minyak dan gas bumi, halit dan lain-lain.

Kadar rata-rata minimum ekonomis suatu logam didalam bijih disebut *cut off grade*. Kandungan logam yang terpadat didalam suatu bijih disebut *tenor off ore*. Karena kemajuan teknologi, khususnya didalam cara-cara pemisahan logam, sering menyebabkan mineral atau batuan yang pada mulanya tidak bernilai ekonomis bisa menjadi mineral bijih atau bijih yang ekonomis.

Jenis logam tertentu tidak selalu terdapat didalam satu macam mineral saja, tetapi juga terdapat pada lebih dari satu macam mineral. Misalnya logam Cu bisa terdapat pada mineral kalkosit, bornit atau krisokola. Sebaliknya satu jenis mineral tertentu sering dapat mengandung lebih dari satu jenis logam. Misalnya mineral Pentlandit mengandung logam nikel dan besi. Mineral wolframit mengandung unsur-unsur logam Ti, Mn dan Fe. Keadaan tersebut disebabkan karena logam-logam tertentu sering terdapat bersama-sama pada jenis batuan tertentu dengan asosiasi mineral tertentu pula, hal itu erat hubungannya dengan proses kejadian (geneses) mineral bijih.

Besi merupakan logam kedua yang paling banyak di bumi ini. Karakter dari endapan besi ini bisa berupa endapan logam yang berdiri sendiri namun seringkali ditemukan berasosiasi dengan mineral logam lainnya. Kadang besi terdapat sebagai kandungan logam tanah (residual), namun jarang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Endapan besi yang ekonomis umumnya berupa *magnetite*, *hematite*, *limonite* dan *siderite*. Kadang kala dapat berupa *pyrite*, *pyrhotite*, *marcasite*, dan *chamosite*.

Beberapa jenis genesa dan endapan yang memungkinkan endapan besi bernilai ekonomis antara lain :

1. Magmatik: *Magnetite* dan *Titaniferous Magnetite*
2. Metasomatik kontak: *Magnetite* dan *Specularite*
3. Pergantian/*replacement*: *Magnetite* dan *Hematite*
4. Sedimentasi/*placer*: *Hematite*, *Limonite*, dan *Siderite*
5. Konsentrasi mekanik dan residual: *Hematite*, *Magnetite* dan *Limonite*
6. Oksidasi: *Limonite* dan *Hematite*
7. Letusan Gunung Api

Dari mineral-mineral bijihbesi, magnetit adalah mineral dengan kandungan Fe paling tinggi, tetapi terdapat dalam jumlah kecil. Sementara hematit merupakan mineral bijih utama yang dibutuhkan dalam industri besi. Mineral-mineral pembawa besi dengan nilai ekonomis dengan susunan kimia, kandungan Fe dan klasifikasi komersil dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Mineral-Mineral BijihBesi Bernilai Ekonomis

Mineral	Susunan kimia	Kandungan Fe (%)	Klasifikasi komersil
Magnetit	$\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$	72,4	Magnetik atau bijih hitam
Hematit	Fe_2O_3	70,0	Bijih merah
Limonit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	59 - 63	Bijih coklat
Siderit	FeCO_3	48,2	<i>Spathic, black band, clay ironstone</i>

Sumber : *Iron & Ferroalloy Metals in (ed) M. L. Jensen & A. M. Bafeman, 1981; Economic Mineral Deposits, P. 392.*

Besi merupakan komponen kerak bumi yang persentasenya sekitar 5%. Besi atau *ferrum* tergolong unsur logam dengan simbol Fe. Bentuk murninya

berwarna gelap, abu-abu keperakan dengan kilap logam. Logam ini sangat mudah bereaksi dan mudah teroksidasi membentuk karat. Sifat magnetism besi sangat kuat, dan sifat dalamnya *malleable* atau dapat ditempa. Tingkat kekerasan 4-5 dengan berat jenis 7,3-7,8. Besi oksida pada tanah dan batuan menunjukkan warna merah, jingga, hingga kekuningan. Besi bersama dengan nikel merupakan alloy pada inti bumi/ *inner core*. Bijih besi utama terdiri dari hematit (Fe_2O_3), dan magnetit (Fe_3O_4). Deposit hematit dalam lingkungan sedimentasi seringkali berupa formasi banded yang merupakan variasi lapisan chert, kuarsa, hematit, dan magnetit. Proses pembentukan dari presipitasi unsur besi dari laut dangkal. *Taconite* adalah bijih besi silika yang merupakan deposit bijih tingkat rendah. Terdapat dan ditambang di United States, Kanada, dan China. Bentuk native jarang dijumpai, dan biasanya terdapat pada proses ekstraterrestrial, yaitu meteorit yang menabrak kulit bumi. Semua besi yang terdapat di alam sebenarnya merupakan alloy besi dan nikel yang bersenyawa dalam rasio persentase tertentu, dari 6% nikel hingga 75% nikel. Unsur ini berasosiasi dengan olivine dan piroksen. Penggunaan logam besi dapat dikatakan merupakan logam utama. Dalam kehidupan sehari-hari, besi dimanfaatkan untuk: Bahan pembuatan baja alloy dengan logam lain seperti tungsten, mangan, nikel, vanadium, dan kromium untuk menguatkan atau mengeraskan campuran. Keperluan metalurgi dan magnet Katalis dalam kegiatan industri besi radiaktif (*iron 59*) digunakan di bidang medis, biokimia, dan metalurgi. pewarna, plastik, tinta, kosmetik, dan sebagainya.

G. Batuan

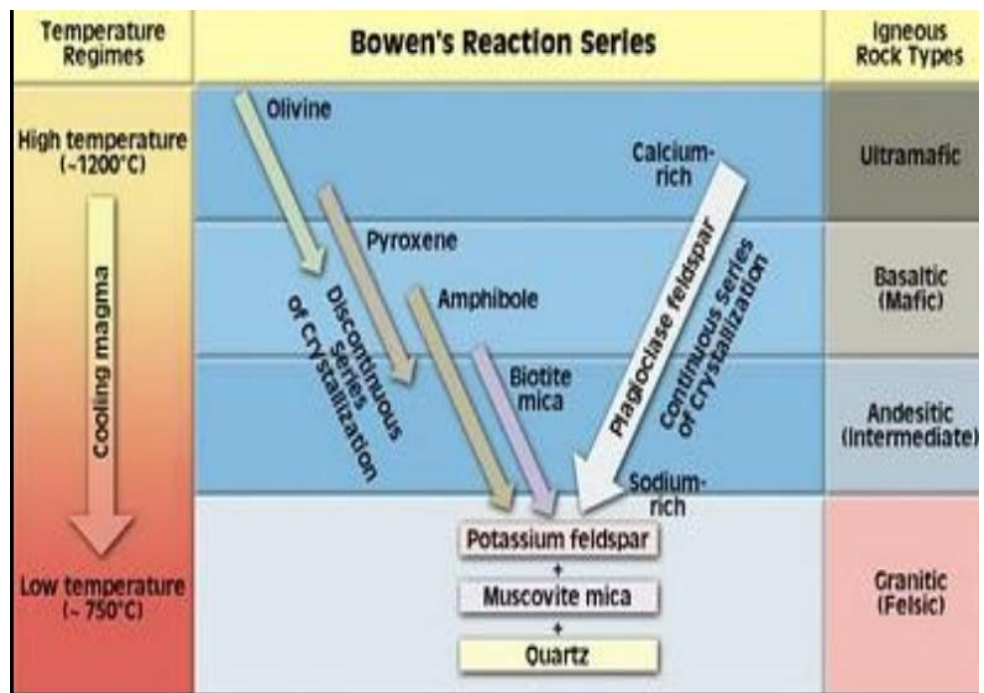
Batuan merupakan agregasi (kumpulan) dari berbagai macam mineral ataupun mineral sejenis. Andesit (sering disebut batu candi) tersusun oleh mineral-mineral plagioklas, piroksin, hornblende dan sedikit kuarsa. Sedangkan marmer termasuk batuan metamorf yang oleh mineral kalsit yang mengalami perubahan ([Ansori, 2008](#)).

Berdasarkan proses pembentukannya batuan dikelompokkan menjadi tiga jenis batuan:

1. Batuan beku (*igneous rocks*)

Igneous Rocks atau sering disebut Batuan Beku terbentuk dari satu atau beberapa mineral dan terbentuk akibat pembekuan dari magma. Menurut para ahli seperti Turner dan Verhoogen (1960), F. F Groun (1947), Takeda (1970), magma didefinisikan sebagai cairan silikat kental yang pijar terbentuk secara alamiah, bertemperatur tinggi antara 1.500°–2.500°C dan bersifat mobile (dapat bergerak) serta terdapat pada kerak bumi bagian bawah. Dalam magma tersebut terdapat beberapa bahan yang larut, bersifat volatile (air, CO₂, chlorine, fluorine, iron, sulphur, dan lain-lain) yang merupakan penyebab mobilitas magma, dan non-volatile (non-gas) yang merupakan pembentuk mineral yang lazim dijumpai dalam batuan beku. Pada saat magma mengalami penurunan suhu akibat perjalanan ke permukaan bumi, maka mineral-mineral akan terbentuk. Peristiwa tersebut dikenal dengan peristiwa penghabluran. Berdasarkan penghabluran mineral-mineral silikat (magma), oleh NL. Bowen disusun suatu seri yang

dikenal dengan *Bowen's Reaction Series*. Dalam mengidentifikasi batuan beku, sangat perlu sekali mengetahui karakteristik batuan beku yang meliputi sifat fisik dan komposisi mineral batuan beku.



Gambar 4. Bowen's Reaction Series

2. Batuan Sedimen (Sedimentary rocks)

Batuan sedimen terbentuk secara alamiah di permukaan bumi dari fragmen-fragmen batuan yang kembali memadat dan mengeras menjadi batuan. Contohnya adalah batu pasir, batu gamping dan batu lempung. Pettijohn (1975), O'Dunn & Sill (1986) membagi batuan sedimen berdasar teksturnya menjadi dua kelompok besar, yaitu batuan sedimen klastika dan batuan sedimen non-klastika.

Batuan sedimen klastika (detritus, mekanik, eksogenik) adalah batuan sedimen yang terbentuk sebagai hasil pengerjaan kembali (*reworking*) terhadap batuan yang sudah ada. Proses pengerjaan kembali itu meliputi

pelapukan, erosi, transportasi dan kemudian redeposisi (pengendapan kembali). Sebagai media proses tersebut adalah air, angin, es atau efek gravitasi (beratnya sendiri). Media yang terakhir itu sebagai akibat longSORan batuan yang telah ada. Kelompok batuan ini bersifat fragmental, atau terdiri dari butiran/pecahan batuan (klastika) sehingga bertekstur klastika. Batuan sedimen non-klastika adalah batuan sedimen yang terbentuk sebagai hasil penguapan suatu larutan, atau pengendapan material di tempat itu juga (*insitu*). Proses pembentukan batuan sedimen kelompok ini dapat secara kimiawi, biologi /organik, dan kombinasi di antara keduanya (biokimia). Secara kimia, endapan terbentuk sebagai hasil reaksi kimia, misalnya $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$. Secara organik adalah pembentukan sedimen oleh aktivitas binatang atau tumbuh-tumbuhan, sebagai contoh pembentukan rumah binatang laut (karang), terkumpulnya cangkang binatang (fosil), atau terkuburnya kayu-kayuan sebagai akibat penurunan daratan menjadi laut.

Penamaan batuan sedimen biasanya berdasarkan besar butir penyusun batuan tersebut. Penamaan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Breksi adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang bersudut.
- b. Konglomerat adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang membulat.
- c. Batu pasir adalah batuan sedimen dengan ukuran butir antara 2 mm sampai 1/16 mm.

- d. Batu lanau adalah batuan sedimen dengan ukuran butir antara 1/16 mm sampai 1/256 mm.
- e. Batu lempung adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih kecil dari 1/256 mm.

Struktur batuan sedimen diantaranya adalah perlapisan. Macam-macam perlapisan adalah sebagai berikut:

- a. Masif, bila tidak menunjukkan struktur dalam perlapisan sejajar, bila perlapisan saling sejajar.
- b. Laminasi, perlapisan sejajar ukurannya lebih tipis dari 1 cm
- c. Perlapisan pilihan, bila perlapisan disusun oleh butiran yang berubah dari kasar menjadi halus kearah vertikal.
- d. Perlapisan silang siur, perlapisan yang membentuk sudut terhadap bidang perlapisan.

3. Batuan Metamorf (*Metamorphic Rock*)

Batuan metamorf terbentuk dari batuan-batuan sebelumnya yang mengalami perubahan mineral dan struktur akibat pengaruh tekanan dan temperatur. Pembentukan batuan metamorf berlangsung dalam keadaan padat (tanpa membentuk larutan batuan). Contohnya adalah marmer (*marble*), sekis (*schist*), serpentinit, eklogit dan filit. (Ansori, 2008).

- a. Batuan Metamorf yang berasal dari lanau dan *mudstone*
 - 1) Serpih (*slate*), lanau maupun *mudstone* berasal dari mineral kuarsa, lempung, kalsit dan feldspar. *Metamorfisme* yang terjadi derajat

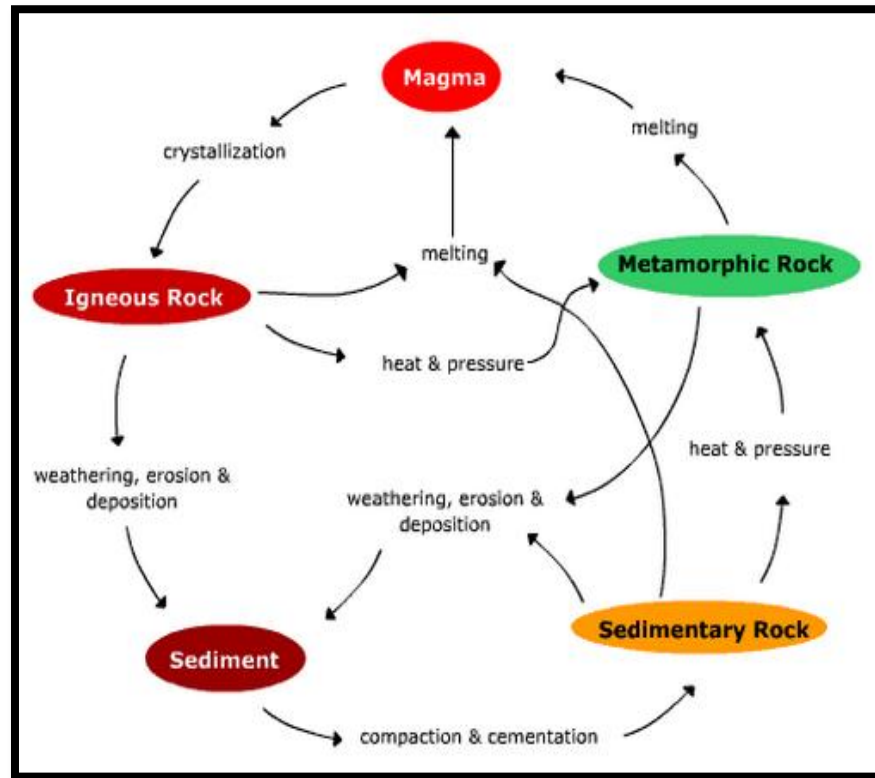
rendah sehingga menghasilkan serpih atau slate, Tekstur yang dimiliki batuan ini adalah *slaty cleavage*.

- 2) Filit (*phyllite*), kenaikan suhu dan tekanan hingga ke derajat menengah, menghasilkan mineral mika berbutir lebih besar dan perubahan himpunan mineral serta membentuk foliasi.
- 3) Sekis (*schist*) dan Gneiss, kelanjutan dari proses metamorfisme pada filit, dengan meningkatnya suhu dan tekanan (derajat tinggi) maka terbentuklah batuan berbutir kasar yang dinamakan sekis. Serpih, filit dan sekis dapat dibedakan dari besar butirnya. Sekis yang terkontaminasi oleh mineral kuarsa dan feldspar akan menghasilkan gneiss. Besar butirnya relatif sama dengan sekis, hanya saja komposisi mineralnya yang berbeda.

b. Batuan Metamorf yang Berasal dari Basalt.

- 1) Sekis hijau (*Green Schist*), pada dasarnya memiliki mekanisme yang sama dengan sekis, hanya saja pada sekis hijau dipengaruhi oleh mineral *olivine*, plagioklas dan piroksen. Mineral-mineral tersebut merupakan mineral utama dari *basalt*.
- 2) Amfibolit dan granit (*Amphibolite dan Granite*), apabila sekis hijau sudah mencapai derajat menengah, klorit digantikan amfibol dan umumnya berbentuk lebih kasar atau disebut amfibolit. Pada derajat tinggi, amfibol digantikan dengan piroksen, dan batuananya berfoliasi, dinamakan granit (granulit).

Adapun siklus batuan dapat ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Siklus Batuan

Siklus batuan adalah proses dimana suatu batuan melebur, meleleh, membeku, dan kemudian menjadi batu kembali. Pada awalnya siklus batuan terbentuk oleh pergeseran lempengan yang ada di permukaan bumi. Lalu pergeseran ini menghasilkan magma yang dimana magma tersebut akan mendesak keluar permukaan bumi dan pada saat magma mencair di permukaan bumi, maka akan menyelimuti tanah yang dilalui oleh cairan magma. Untuk beberapa waktu magma akan membeku dan berubah menjadi batuan dingin yang dinamakan "*Igneous Rock*". *Igneous Rock* akan mengalami pelapukan oleh air dan sebagainya akan menghasilkan sedimen. Sedimen yang juga mengalami weathering akan menjadi

Sedimentary Rock. *Sedimentary Rock* yang mengalami perubahan suhu dan temperatur yang sangat tinggi akan berubah menjadi batu peralihan (*Metamorphic Rock*). Batu peralihan akan kembali lagi menjadi magma dan begitu lah seterusnya.

H. Kemagnetan batuan

Menurut Bijaksana (2002), dalam *hang out geologi* menyebutkan bahwa "Sifat magnetik pada mineral alamiah dikaji secara mendalam dalam bidang paleomagnetisme atau kemagnetan purba. Stabil tidaknya magnetisasi pada suatu batuan sangat tergantung pada jenis mineral dan ukurannya. Sifat magnetik pada batuan ini juga berperan dalam metode geomagnetik untuk eksplorasi. Ditinjau dari sifat magnetiknya, mineral umumnya dikelompokkan menjadi diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik (termasuk ferimagnetik dan antiferomagnetik). Namun istilah mineral magnetik biasanya digunakan bagi mineral yang tergolong feromagnetik dalam batuan dan tanah (*soils*), keluarga besi-titanium oksida, sulfida-besi, dan hidroksida".

Contoh mineral-mineral magnetik yang termasuk keluarga besi-titanium oksida antara lain *magnetite* (Fe_3O_4) atau karat ($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$) dan *maghemite* ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$). Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida-besi antara lain *pyrite* (FeS_2) dan *pyrrhotite* (Fe_7S_8), sementara yang tergolong hidroksida besi antara lain *goethite* (αFeOOH). Dahulu, hanya mineral *magnetite* dan *maghemite* yang dikaji secara luas, khususnya dalam

bidang paleomagnetisme, karena keduanya pembawa magnetisasi yang stabil. Namun demikian, akhir-akhir ini kajian yang mendalam juga dilakukan pada mineral-mineral magnetik karena informasi tentang fasa dan kelimpahannya (*abundance*) dapat digunakan sebagai indikator masalah-masalah lingkungan (Bijaksana, 2002).

Dari segi kuantitas, kelimpahan mineral magnetik pada batuan dan tanah sangat kecil. Umumnya, kuantitas mineral magnetik hanya sekitar 0,1% dari massa total batuan atau tanah. Namun demikian, sifat magnetik batuan terkadang cukup rumit karena batuan atau tanah dapat mempunyai beberapa jenis mineral magnetik secara sekaligus. Kerumitan juga bertambah karena sifat dari suatu mineral magnetik juga dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran dari bulir-bulir (*grains*) mineral tersebut, aspek bentuk dan ukuran bulir disebut dengan istilah granulometri. Misalnya, bentuk mineral magnetik akan berpengaruh terhadap medan demagnetisasi pada mineral tersebut. Singkat kata, bulir berbentuk lonjong akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan bulir berbentuk bola. Di lain pihak, bentuk mineral magnetik sangat dipengaruhi oleh proses genesa dari mineral tersebut (Bijaksana, 2002).

Ukuran bulir menjadi penting karena berkaitan dengan apa yang disebut domain magnetik. Bulir magnetik yang kecil akan cenderung untuk memiliki satu domain dan karenanya disebut bulir berdomain tunggal atau *single domain* (SD). Bulir yang lebih besar, sebaliknya, akan mempunyai domain yang banyak dan karenanya disebut bulir berdomain

jamak atau *multi domain* (MD). Bulir-bulir SD mempunyai sifat magnetik yang sangat berbeda dengan bulir-bulir MD. Stabilitas magnetisasi pada bulir-bulir SD, misalnya, jauh lebih baik dibanding hal yang sama pada bulir-bulir MD. Selain bulir-bulir SD dan MD, ada juga bulir-bulir yang berukuran transisi. Mereka mempunyai 2- 3 domain saja, tetapi kelakuannya lebih mirip SD dibanding MD. Bulir-bulir ini disebut sebagai bulir berdomain tunggal semu atau *pseudo-single domain* (PSD) (Bijaksana, 2002).

Melalui serangkaian metode magnetik dan non magnetik, mineralogi dan granulometri dari mineral magnetik batuan dapat dianalisis dan dikaitkan dengan masalah lingkungan maupun arkeologi yang ingin dipecahkan. Metode-metode magnetik tersebut antara lain pengukuran suseptibilitas magnetik, pengukuran kurva histerisis, pengukuran magnetisasi, pengukuran temperatur *Curie* serta pengukuran anisotropi magnetik (Bijaksana, 2002).

Tabel 2. Sifat Magnetik dari Sejumlah Batuan dan Mineral Magnetik (Hunt Dkk., 1995)

Batuan/ Mineral	Massa Jenis (10 ³ kg m ⁻³)	Suseptibilitas Magnetik		T _c (⁰ C)
		Volume (k) (10 ⁻⁶ SI)	Massa (χ) (10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)	
Batuan beku				
Andesite	2,61	170.000	6.500	
Basalt	2,99	250-180.000	8,4-6.100	
Diorite	2,85	630-130.000	22-4.400	
Gabbro	3.03	1.000-90.000	24-30.000	
Granite	2,64	0-50.000	0-1.900	
Batuan Beku Asam (rata-rata)	2,61	38-82.000	1,4-3.100	
Batuan Beku Basa (rata-rata)	2,79	550-120.000	20-4.400	
Batuan Sedimen				
Lempung	1,70	170-250		
Batu Bara	1,35	25	1,9	
Gamping	2,11	2-25.000	0,1-1.200	
Batu Pasir	2,24	0-20.900	0-931	
Batu Sedimen (rata-rata)	2,19	0-50.000	0-2.000	
Batuan Malihan				
Amphibolite	2,96	750	25	
Gneiss	2,80	0-25.000	0-900	
Quartzite	2,60	4.400	170	
Schist	2,6	26-3.600	1-110	
Slate	2,79	0-35.000	0-1.00	
Batuan Malihan (rata-rata)	2,76	0-73.000	0-2.600	
Mineral Magnetik				
Magnetite(Fe ₃ O ₄ ; Ferimagnetik)	5.18	1.000.000- 5.700.000	20.000- 140.000	575-585
Hematite (Fe ₂ O ₃ ;canted antiferomagnetik)	5.26	500-40.000	10-760	675
Maghematite(Fe ₂ O ₃ ; ferimagnetik)	4.90	2.000.000- 2.500.000	40.000-50.000	-600
Ilmenite(FeTiO ₃ ; antiferomagnetik)	4.72	2.000- 3.800.000-	45-80.000	-233
Pyrite(FeS ₂)	5.02	35-5.000	1-100	
Pyrrhotite(Fe ₇ S ₈ ; ferimagnetik)	4.62	3.200.000	69.000	320
Goethite(FeOOH; antiferomagnetik)	4.27	1.100-12.000	26.280	-120
Mineral non- magnetik				
Kuarasa(SiO ₂)	2.65	-(13-17)	-(0.5-0.6)	
Kalsit(CaCO ₃)	2.83	-(7.5-39)	-(0.3-1.4)	
Halite(NaCl)	2.17	-(10-16)	-(0.48-0.75)	
Galena(PbS)	7.50	-33	-0.44	

I. Suseptibilitas Magnetik

Atom-atom memiliki momen dipol magnetik akibat gerak elektronnya. Di samping itu setiap elektron memiliki suatu momen dipol magnetik intrinsik yang dikaitkan dengan putarannya. Momen magnetik total suatu atom bergantung pada susunan elektron di dalam atomnya (Tipler, 2001).

Elektron yang bergerak mengelilingi inti akan menimbulkan adanya arus listrik I (A) yang besarnya adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

$$I = e \frac{\omega}{2\pi} \quad (2)$$

dengan e adalah muatan elektron dan $\frac{\omega}{2\pi}$ adalah frekuensi sudut dari gerak elektron mengelilingi inti atom. Momen magnetik μ yang ditimbulkan oleh elektron tersebut adalah:

$$\mu = IA \quad (3)$$

Dengan A adalah luasan yang disapu oleh elektron ketika mengelilingi inti, sehingga persamaan tersebut menjadi

$$\mu = \frac{er^2\omega}{2} \quad (4)$$

Apabila suatu bahan ditempatkan dalam medan magnetik kuat, seperti medan magnetik solenoida, medan magnetik solenoida tersebut cenderung menyearahkan momen dipol magnetik (permanen atau induksi) di dalam bahan itu, dan bahannya disebut dimagnetkan. Bahan yang dimagnetkan

diuraikan dengan pemagnetan M , yang didefinisikan sebagai momen dipol magnetik m per volume satuan bahan:

$$M = \frac{dm}{dV} \quad (5)$$

Suatu solenoida panjang dengan n lilitan per panjang satuan, menyalurkan arus I . Medan magnetik akibat arus dalam solenoida tersebut disebut sebagai medan yang dikerahkan, B_{app} . Bahan berbentuk silinder kemudian ditempatkan di dalam solenoida. Medan yang dikerahkan solenoida ini akan memagnetkan bahan tersebut sehingga bahan tersebut memiliki magnetisasi M . Medan magnet resultan B di suatu titik di dalam solenoida dan di tempat yang jauh dari ujung-ujungnya akibat arus dalam solenoida ditambah bahan yang dimagnetkan ini ialah

$$B = B_{app} + \mu_0 M \quad (6)$$

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (7)$$

Untuk bahan paramagnetik dan feromagnetik, M mempunyai arah yang sama dengan B_{app} . Untuk bahan paramagnetik dan feromagnetik pemagnetan adalah berbanding lurus dengan medan magnetik yang dikerahkan untuk menghasilkan penyearahan dipol magnetik dalam bahan tersebut. Dengan demikian dapat ditulis

$$M = \chi_m \left(\frac{B_{app}}{\mu_0} \right) \quad (8)$$

Dengan χ_m merupakan bilangan tanpa dimensi yang disebut suseptibilitas magnetik. Persamaan 6 dengan demikian dapat dituliskan

$$B = B_{app} + \mu_0 M = B_{app}(1 + \chi_m) \quad (9)$$

Suseptibilitas magnetik adalah ukuran dasar bagaimana sifat kemagnetan suatu bahan yang merupakan sifat magnet bahan yang ditunjukkan dengan adanya respon terhadap induksi medan magnet yang merupakan rasio antara magnetisasi dengan intensitas medan magnet. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan, maka dapat diketahui sifat-sifat magnetik lain dari bahan tersebut.

$$M = \kappa H \quad (10)$$

Kuantitas κ adalah suseptibilitas magnetik volume. Karena M dan H memiliki satuan yang sama (Am^{-1}), maka κ tidak mempunyai dimensi. Suseptibilitas magnetik sebagian besar material tergantung pada temperatur, tetapi beberapa material (feromagnetik dan *ferrite*) tergantung pada H . Secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 H(1 + \kappa) = \mu_0 \mu H \quad (11)$$

Kuantitas $\mu = (1 + \kappa)$ adalah permeabilitas magnetik dari material, tidak memiliki dimensi, μ_0 adalah permeabilitas ruang hampa ($4\pi \times 10^{-7}$). Logam feromagnetik memiliki permeabilitas magnetik sangat tinggi, mineral dan batuan memiliki suseptibilitas kecil dan permeabilitas magnetik $\mu \approx 1$.

Untuk bahan paramagnetik, χ_m berupa bilangan positif kecil yang bergantung pada temperatur. Untuk bahan diamagnetik, χ_m berupa konstanta negatif kecil yang tidak bergantung pada temperatur. Persamaan (8) dan (9)

tidak terlalu berguna untuk bahan feromagnetik karena χ_m bergantung pada B_{app} dan pada keadaan pemagnetan bahan itu sebelumnya (Tipler, 2001).

Di dalam sistem cgs dan SI konstanta χ tidak berdimensi tetapi berbeda nilainya sebesar 4π . Suseptibilitas dalam cgs adalah 4π kalinya dari suseptibilitas dalam SI.

Dalam sistem cgs.

$$\begin{aligned}
 B &= H + 4\pi M \\
 &= H + 4\pi\chi H \\
 &= (1 + 4\pi\chi)H \\
 B &= \mu H \\
 \mu &= 1 + 4\pi\chi
 \end{aligned} \tag{12}$$

Dalam SI

$$\begin{aligned}
 B &= \mu_0(H + M) \\
 &= \mu_0(H + \chi H) \\
 &= \mu_0(1 + \chi)H \\
 B &= \mu H \\
 \mu &= \mu_0(1 + \chi)
 \end{aligned} \tag{13}$$

(Telford dkk., 1976)

Dari sinilah lantas bahan yang ada di alam dapat diklasifikasikan berdasarkan tinggi-rendahnya nilai suseptibilitas magnetik dari bahan tersebut.

J. Kemagnetan Mineral

Berdasarkan perilaku molekulnya di dalam Medan magnetik luar, bahan terdiri atas tiga kategori, yaitu paramagnetik, feromagnetik dan diamagnetik. Sebagian besar mineral di alam bersifat diamagnetik atau paramagnetik. Namun, ada beberapa mineral yang bersifat feromagnetik. Mineral-mineral ini yang umumnya tergolong dalam oksida besi- titanium, sulfida besi dan hidrooksida besi yang disebut sebagai mineral magnetik. Dari segi kuantitas keberadaan mineral- mineral ini sangat kecil. Meskipun demikian, keberadaan mineral- mineral tersebut pada tanah atau batuan, fasanya, ukuran dan bentuk bulirnya erat kaitannya dengan ganesa serta perubahan lingkungan yang dialami oleh tanah atau batuan tersebut.

1. Feromagnetik

Feromagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik χ_m positif, yang sangat tinggi. Dalam bahan ini sejumlah kecil medan magnetik luar dapat menyebabkan derajat penyearahan yang tinggi pada momen dipol magnetik atomnya. Dalam beberapa kasus, penyearahan ini dapat bertahan sekalipun Medan pemagnetannya telah hilang. Ini terjadi karena momen dipol magnetik atom dari bahan- bahan feromagnetik ini mengerahkan gaya- gaya yang kuat pada atom tetangganya sehingga dalam daerah ruang yang sempit momen ini disearahkan satu sama lain sekalipun medan luarnya tidak ada lagi. Daerah ruang tempat momen dipol magnetik disearahkan ini disebut daerah magnetik. Dalam daerah ini, semua momen magnetik disearahkan, tetapi arah penyearahannya beragam

dari daerah ke daerah sehingga momen magnetik total dari kepingan mikroskopik bahan feromagnetik ini adalah nol dalam keadaan normal (Tipler, 2001).

Pada temperatur tertentu bahan feromagnetik akan berubah menjadi bahan paramagnetik, temperatur transisi ini dinamakan temperatur *curie*. Diatas temperatur *curie* orientasi momen magnetik akan menjadi acak, dan suseptibilitas magnetiknya diberikan oleh persamaan:

$$\chi = \frac{C}{T - T_f} \quad (14)$$

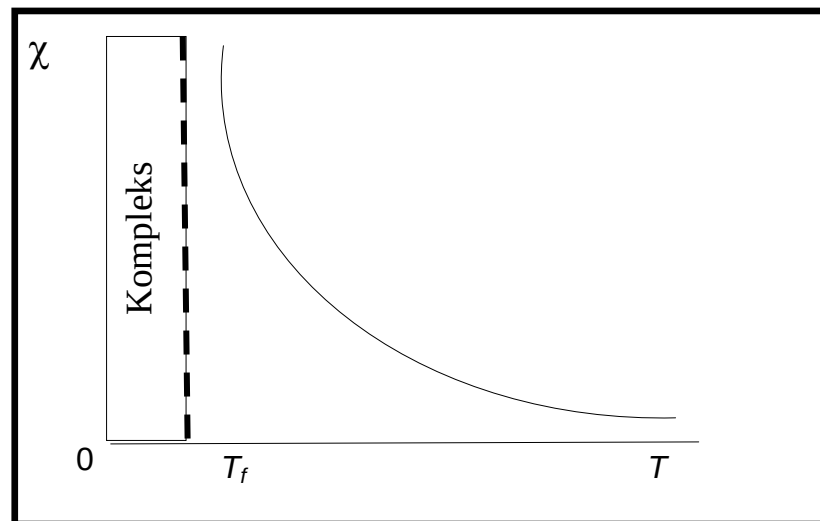
Dimana C adalah tetapan Curie dan T_f adalah temperatur *Curie*. Persamaan 14 merupakan hukum *Curie- Weiss*, besar tetapan *Curie* adalah

$$C = \frac{T_f}{\lambda} \quad (15)$$

$$C = \frac{\mu_0 N (g\mu_B)^2}{k_B} \quad (16)$$

Dimana λ adalah *konstanta Weiss* yang besarnya

$$\lambda = -\frac{k_B T_f}{\mu_0 N (g\mu_B)^2} \quad (17)$$



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Magnetik χ Terhadap Temperatur T Pada Bahan Feromagnetik (Kittel, 1996)

2. Ferimagnetik

Pada bahan yang bersifat, *dipole* yang berdekatan memiliki arah yang berlawanan tetapi momen magnetiknya tidak sama besar. Bahan ferrimagnetik memiliki nilai suseptibilitas tinggi tetapi lebih rendah dari bahan feromagnetik, beberapa contoh dari bahan ferimagnetik adalah *ferriete* dan *magnetite*.

Dalam aplikasi modern *ferriete* lebih berguna dibanding semua jenis bahan magnetik, karena selain dari sifat magnetiknya, bahan ini juga merupakan isolator yang baik (Omar, 1993).

3. Antiferomagnetik

Jika jumlah momen magnetik dari sub-domain paralel dan antiparalel mengganti satu sama lain pada material yang seharusnya feromagnetik, nilai suseptibilitasnya sangat kecil, mendekati substansi paramagnetik.

Material ini disebut antiferomagnetik dan contohnya *hematite* (Telford dkk.,1976).

4. Diamagnetik

Bahan diamagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas negatif dan sangat kecil. Sifat diamagnetik ditemukan oleh Faraday pada tahun 1846 ketika sekeping bismuth ditolak oleh kedua kutub magnet, hal ini memperlihatkan bahwa medan induksi dari magnet tersebut menginduksi momen magnetik pada bismuth pada arah yang berlawanan dengan medan induksi pada magnet(Tipler, 2001).

5. Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan- bahan yang memiliki suseptibiitas magnetik χ_m yang positif dan sangat kecil. Paramagnetik muncul dalam bahan yang atom- atomnya memiliki momen magnetik hermanen yang berinteraksi satu sama lain secara sangat lemah. Apabila tidak terdapat Medan magnetik luar, momen magnetik ini akan berorientasi acak. Dengan daya Medan magnetik luar, momen magnetik ini arahnya cenderung sejajar dengan medannya, tetapi ini dilawan oleh kecenderungan momen untuk berorientasi acak akibat gerakan termalnya. Perbandingan momen yang menyearahkan dengan medan ini bergantung pada kekuatan medan dan pada temperaturnya. Pada medan magnetik luar yang kuat pada temperatur yang Sangat rendah, hampir seluruh momen akan disearahkan dengan medannya (Tipler, 2001).

Karakteristik dari bahan yang bersifat paramagnetik adalah memiliki momen magnetik permanen yang akan cenderung menyearahkan diri sejajar dengan arah medan magnet dan harga suseptibilitas magnetiknya berbanding terbalik dengan suhu T . Variasi dari nilai susceptibilitas magnetik yang berbanding terbalik dengan suhu T adalah merupakan hukum *Curie*

$$\chi = \frac{N}{V} \frac{(g\mu_B)^2}{3} \frac{J(J+1)}{k_B T} \quad (18)$$

$$\chi = \frac{N}{3V} \frac{\mu_B^2 P^2}{k_B T} \quad (19)$$

$$\chi = \frac{C}{T} \quad (20)$$

Persamaan di atas adalah merupakan persamaan hukum *Curie* dimana T adalah suhu pengamatan, μ_B adalah bilangan Bohr Magneton, N adalah jumlah atom bahan, k_B adalah konstanta Boltzman, C adalah tetapan *Curie*, P adalah bilangan Bohr Magneton efektif, dan g adalah faktor Lande.

$$P = g(J(J+1))^{1/2} \quad (21)$$

$$g = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \left[\frac{S(S+1) - L(L+1)}{J(J+1)} \right] \quad (22)$$

Sifat dari bahan dapat diketahui dengan mengetahui kandungan mineral magnetik pada bahan tersebut. Kandungan mineral magnetik ini dapat diketahui dengan serangkaian penelitian, salah satunya adalah dengan mengukur temperatur *curie* dari bahan tersebut. Batuan merupakan

bahan yang kompleks, tersusun dari lebih satu mineral magnetik. Dengan pengukuran temperatur *curie*, dapat menentukan mineral magnetik yang terkandung dalam batuan.

K. Metode Identifikasi Mineral Magnetik

Mineral magnetik dan hal-hal yang berkaitan dengannya (kuantiitas, bentuk bulir, dan ukuran bulir), dapat diidentifikasi dengan serangkaian metode yang dikenal sebagai metode-metode kemagnetan batuan (*rock magnetic methods*). Metode-metode ini berbasis pada pengukuran sifat-sifat magnetik dari sampel (Bijaksana, 2002).

Metode yang paling lazim digunakan adalah pengukuran suseptibilitas magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan pun dapat ditentukan baik pada sampel di laboratorium maupun dilakukan di lapangan pada permukaan tanah atau permukaan singkapan batuan. Penentuan harga suseptibilitas magnetik secara eksperimen dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Suseptibility Meter*. Bartington MS2 *Magnetik Susceptibility Meter* yang merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur suseptibilitas magnetik dari bahan.

Bartington MS2 *Magnetik Susceptibility Meter* meliputi sebuah MS2 meter dan berbagai macam sensor. MS2 Meter menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik dan bahan ketika berada dalam pengaruh sensor tertentu. Masing-masing sensor dirancang untuk aplikasi dan jenis sampel tertentu. Sensor-sensor pada Bartington MS2 *Magnetik Susceptibility Meter* dioperasikan berdasarkan prinsip induksi arus bolak-balik

Alat ini adalah sirkuit elektromagnetik yang bekerja dengan mendeteksi perubahan induktansi ketika sampel ditempatkan dalam kumparan atau solenoid. *Susceptibility meter* pada umumnya dapat bekerja pada dua frekuensi yang berbeda, yaitu frekuensi rendah ordenya ratusan hertz dan frekuensi tinggi (ribuan hertz). Perbandingan antara hasil pengukuran suseptibilitas pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dapat digunakan untuk mengenali keberadaan bulir- bulir yang sangat kecil (*ultrafine grains*) yang banyak dijumpai pada batuan dan tanah (*soils*) (Bijaksana, 2002).

L. Eksplorasi

Secara umum tujuan eksplorasi adalah mengetahui, mencari, dan menilai suatu endapan mineral. Menurut Dhadar (1980) dalam arifin Idrus, dkk (2007), eksplorasi bahan galian didefinisikan sebagai penyelidikan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu keterangan mengenai letak, sifat dan bentuk cadangan, mutu serta nilai ekonomis dari endapan bahan galian.

Koesmadinata (1995) berpendapat bahwa eksplorasi adalah salah satu aktivitas untuk mencari tahu keadaan suatu daerah, yang sebelumnya tidak diketahui keadaannya, sedangkan istilah eksplorasi geologi adalah mencari tahu tentang keadaan suatu objek geologi yang umumnya berupa cebakan mineral. Eksplorasi diibaratkan sebagai sebuah pemburuan. Seorang ahli geologi atau seorang ahli eksplorasi disamakan dengan seorang pemburu. Pemburu harus dapat memperhatikan model binatang yang diburu, habitat dimana buruan itu hidup, petunjuk atau jejak-jejak yang ditinggalkannya, kelemahan dan kekuatan binatang tersebut, senjata yang ampuh untuk merobohkannya. Tujuan

dari eksplorasi adalah mendapatkan cebakan mineral yang ekonomis dengan waktu yang sesingkat mungkin. (Baily,1968 dalam Koesmadinata 1995).

M. Eksplorasi Bijih Besi.

Tata cara eksplorasi bijih besi meliputi urutan kegiatan eksplorasi sebelum pekerjaan lapangan, saat pekerjaan lapangan dan setelah pekerjaan lapangan. Kegiatan sebelum pekerjaan lapangan ini bertujuan untuk mengetahui gambaran mengenai prospek cebakan bijih besi primer, meliputi studi literatur dan penginderaan jarak jauh. Penyediaan peralatan antara lain peta topografi, peta geologi, alat pemboran inti, alat ukur topografi, palu dan kompas geologi, *magnetic pen*, GPS, pita ukur, alat gali, magnetometer, kappameter dan peralatan geofisika.

Kegiatan pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah penyelidikan geologi meliputi pemetaan; pembuatan paritan dan sumur uji, pengukuran topografi, survei geofisika dan pemboran inti.

Kegiatan setelah pekerjaan lapangan yang dilakukan antara lain adalah analisis laboratorium dan pengolahan data. Analisis laboratorium meliputi analisis kimia dan fisika. Unsur yang dianalisis kimia antara lain : Fe_{total} , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , TiO_2 , S, P, SiO_2 , MgO, CaO, K_2O , Al_2O_3 , LOI. Analisis fisika yang dilakukan antara lain : mineragrafi, petrografi, berat jenis (BJ). Sedangkan pengolahan data adalah interpretasi hasil dari penyelidikan lapangan dan analisis laboratorium.

Tahapan eksplorasi adalah urutan penyelidikan geologi yang umumnya dilakukan melalui empat tahap sbb : Survei tinjau, prospeksi, eksplorasi umum,

eksplorasi rinci. Survei tinjau, tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi bagi keterdapatan mineral pada skala regional. Prospeksi, tahap eksplorasi dengan jalan mempersempit daerah yang mengandung endapan mineral yg potensial. Eksplorasi umum, tahap eksplorasi yang merupakan deliniasi awal dari suatu endapan yang teridentifikasi .

Eksplorasi rinci, tahap eksplorasi untuk mendeliniasi secara rinci dalam 3-dimensi terhadap endapan mineral yang telah diketahui dari pencontohan singkapan, paritan, lubang bor, shafts dan terowongan.

Penyelidikan geologi adalah penyelidikan yang berkaitan dengan aspek-aspek geologi diantaranya : pemetaan geologi, parit uji, sumur uji. Pemetaan adalah pengamatan dan pengambilan conto yang berkaitan dengan aspek geologi di lapangan. Pengamatan yang dilakukan meliputi: jenis litologi, mineralisasi, ubahan dan struktur pada singkapan, sedangkan pengambilan conto berupa batuan terpilih.

Penyelidikan geofisika adalah penyelidikan yang berdasarkan sifat fisik batuan, untuk dapat mengetahui struktur bawah permukaan, geometri cebakan mineral, serta sebarannya secara horizontal maupun secara vertical yang mendukung penafsiran geologi dan geokimia secara langsung maupun tidak langsung.

Pemboran inti dilakukan setelah penyelidikan geologi dan penyelidikan geofisika. Penentuan jumlah cadangan (sumberdaya) mineral yang mempunyai nilai ekonomis adalah suatu hal pertama kali yang perlu dikaji, dihitung sesuai

standar perhitungan cadangan yang berlaku, karena akan berpengaruh terhadap optimasi rencana usaha tambang, umur tambang dan hasil yang akan diperoleh.

N. Kriteria Geologi

Kriteria geologi merupakan gejala yang mengendalikan keterdapatan endapan mineral dan yang bertujuan untuk melokalisasi daerah yang mempunyai indikasi kuat akan keterdapatan mineral. Kriteria geologi meliputi kriteria stratigrafi, litologi, struktur magmatogenetik, geomorfologi, paleogeografi, paleoklimat, dan historis. Perencanaan eksplorasi hanya bias dilakukan apabila diketahui beberapa hal terlebih dahulu, yaitu:

- Apa yang dicari?
- Dimana harus dicari?
- Bagaimana cara mencari?

Dalam penelitian deposit mineral bukan suatu hal yang tidak mungkin untuk memeriksa secara detail setiap luas daerah. Di suatu daerah yang terdapat indikasi kuat adanya sumberdaya mineral, maka dapat dilakukan pembatasan daerah prospek dengan memanfaatkan kriteria geologi. Menurut Kuzvart and Bohmer (1986), kriteria geologi secara langsung maupun tidak langsung dapat memberikan dugaan adanya keberadaan sumberdaya mineral yang ekonomis.

1. Kriteria Stratigrafi

Kriteria stratigrafi digunakan jika suatu endapan mineral ditemukan dalam lapisan stratigrafi. Tugas utama dalam tahap eksplorasi adalah tahap prospeksi yaitu menentukan secara stratigrafi kedudukan endapan mineral,

seperti determinasi singkapan atau menentukan batasan singkapan yang kemudian dipetakan secara detail. Kriteria stratigrafi penting artinya untuk mencari endapan sedimen dan endapan hipogne (endapan primer).

2. Kriteria litologi

Kriteria litologi terbagi menjadi dua, pada endapan primer dan pada endapan sekunder. Pada endapan primer dapat dilihat secara genetis dari komposisi mineral yang terbentuk. Pada endapan sekunder variasi litologi awal yang tererosi akan mempengaruhi produk atau akumulasi mineral yang terbentuk.

3. Kriteria sekunder

Struktur pada kerak bumi sering merupakan faktor pengontrol dalam formasi endapan, seperti perlipatan yang diiringi intrusi. Smirnov (1957) dalam Kuvart and Bohmer (1986) membagi struktur mineralisasi menjadi 6 group, yaitu

- a. Endapan konkordan dari lapisan batuan.
- b. Endapan mineral yang berasosiasi dengan dengan sesar.
- c. Endapan mineral dalam zona stress akibat akibat tektonik.
- d. Endapan mineral akibat ada kontak dengan batuan beku.
- e. Endapan mineral dalam kombinasi struktur.
- f. Endapan mineral dalam intrusi.

4. Kriteria magmatogenik

Kriteria magmatogenik terbagi menjadi:

- a. Hubungan antara deposit dengan komposisi magma.

- b. Hubungan antara deposit dengan defferensiasi magma dan kristalisasi.
- c. Hubungan antara endapan/deposit dengan alterasi (perubahan komposisi mineral dalam keadaan padat).
- d. Hubungan antara deposit dengan ukuran butir batuan.

O. Konsep Pemodelan dan Basis data Komputer

1. Pengertian pemodelan

Menurut Evans (1993) dalam Arifudin Idrus, dkk (2007) mendefensikan model merupakan suatu idealisasi fungsional dari suatu kondisi real untuk menganalisis suatu masalah. Model cebakan bijih dikembangkan berdasarkan observasi dan penelitian baik di lapangan maupun di laboratorium terhadap cebakan-cebakan bijih yang sudah ditemukan. Sedangkan model endapan mineral adalah penggambaran informasi yang diatur secara sistematis tentang sifat-sifat penting suatu kelompok endapan mineral (Cok dan Singer (1986) dalam Arifudin Idrus, dkk(2007)).

Interpretasi geologi merupakan hal penting dalam tahap penyelidikan eksplorasi endapan mineral. Pemodelan sumberdaya yang dibuat merupakan pendekatan kondisi geologi. Pemodelan tersebut memberikan:

- a. Taksiran jumlah sumberdaya mineral.
- b. Penaksiran bentuk tiga dimensi sumberdaya, jumlah cadangan dengan kaitannya dengan perhitungan umur tambang.
- c. Batas-batas kegiatan penambangan yang dibuat berdasarkan taksiran sumberdaya.

2. Model Geologi

Sebelum membuat model badan bijih hal yang harus dilakukan dan menjadi perhatian adalah kondisi geologi badan bijih tersebut yang disebut dengan model geologi. Model geologi yang berupa penampang geologi sangat diperlukan dalam pembuatan kerangka badan bijih sehingga wilayah penaksiran dapat dibatasi pada daerah mineralisasi. Badan bijih inilah yang nantinya akan dibagi dalam blok-blok untuk estimasi sumberdaya. Tahapan pertama dalam pemodelan geologi sebuah cebakan adalah membuat plot penampang potong data geologi yang diperoleh dari setiap lubang bor. Interpretasi geologi dilakukan pada penampang potong tersebut untuk mempresentasikan data geologi ke dalam computer.

3. Model Topografi

Topografi dipergunakan dalam penentuan batasan penambangan. Batas dari model bijih diplot pada peta topografi tersebut. Garis kontur topografi didigitasi sehingga setiap titik memiliki data koordianat permukaan berupa northing, easting dan elevasi. Hasil model yang dibuat akan dioverlay dan dismoothing terhadap model topografi untuk menggambarkan badan bijih yang sebenarnya.

Nilai koordinat peta dalam beberapa sistem seperti koordinat Bassel, koordinat UTM serta koordinat lokal. Pada peta topografi atau peta geologi yang digunakan di Indonesia umumnya menganut sistem koordinat UTM. Salah satu unsur penting pada suatu peta topografi adalah informasi tentang tinggi (elevasi) suatu tempat rujukan tertentu. Untuk menyajikan variasi

ketinggian suatu tempat pada peta topografi umumnya digunakan garis kontur (*contour line*). Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian sama. Garis kontur +25m artinya garis kontur ini menghubungkan titik-titik tinggi yang mempunyai sama +25m terhadap referensi tinggi tertentu. Garis kontur dapat dibentuk dengan membuat proyeksi tegak garis-garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi ke bidang mendatar peta, karena peta memiliki skala tertentu maka peta kontur ini akan mengalami pengecilan sesuai skala peta.

P. Pentingnya Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya

Pemodelan merupakan tahap awal untuk melakukan estimasi terhadap sumberdaya. Hasil dari sumberdaya tersebut akan dapat dijadikan sebagai cadangan jika telah memenuhi beberapa ketentuan. Metode perhitungan yang digunakan harus memberikan hasil yang dapat diuji ulang atau diverifikasi. Aspek penting yang harus diperhatikan setelah dan sebelum pemodelan dan estimasi sumberdaya dilakukan adalah model dan taksiran kadar dari model tersebut harus dicek ulang kualitas dan kuantitasnya, yang biasa disebut dengan verifikasi data. Suatu data dapat dikatakan valid/benar jika dalam verifikasi data tersebut tidak terjadi kesalahan atau perbedaan data dengan data yang sebelumnya, sehingga hasil pemodelan dan estimasi mendekati nilai yang sesungguhnya. Estimasi sumberdaya mineral diperlukan karena:

1. Kandungan logam dalam cebakan mineral sedikit hanya dalam ppm atau % kecil sehingga harus ditentukan nilai kadar sekitarnya untuk memnentukan jumlah sumberdaya (volume dan tonase).
2. Adanya keterbatasan data dalam sampling untuk analisis kadar maupun interpretasi geologi.
3. Belum ada prosedur yang tepat untuk menghitung kadar dan volume.

Dalam melakukan estimasi sumberdaya bijih ada beberapa yang harus diperhatikan, antara lain:

1. Suatu taksiran sumberdaya harus mencerminkan secara tepat kondisi geologi dan karakter/sifat dari endapan bahan galian.
2. Harus sesuai dengan tujuan evaluasi. Suatu model sumberdaya yang akan digunakan untuk perancangan tambang harus konsisten dengan metode penamabanagn dan teknik perencanaan tambang yang akan diterapkan.
3. Taksiran yang baik harus didasarkan pada data actual yang diolah/diperlukan secara objektif. Keputusan yang dipakai dalam penaksiran harus diambil dari pedoman yang jelas dan konsisten.

Klasifikasi sumberdaya dilakukan berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh JORC (Australia Joint Ore Reserves Committee pada tahun 2004 Berdasarkan klasifikasi ini, sumberdaya dibagi menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu measured, indicated, dan inferred. Tingkatan klasifikasi ini dipengaruhi oleh tingkat keyakinan terhadap kondisi geologi. Sumberdaya dengan tingkat keyakinan paling tinggi masuk dalam klasifikasi measured. Sedangkan klasifikasi dengan tingkat keyakinan paling rendah masuk ke dalam klasifikasi inferred.

Klasifikasi sumberdaya dapat meningkat menjadi cadangan bila memenuhi persyaratan-persyaratan dibidang ekonomi, teknologi penambangan, marketing, lingkungan, sosial dan pemerintah..Hubungan antara kategori sumberdaya dan cadangan menurut JORC (2004). Pada penelitian ini, klasifikasi sumberdaya hanya dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya.

Q. Metode *Invers Distance*

Metode ini merupakan suatu cara penaksiran dengan telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata terbobot (weighted average) dari titik-titik data yang ada di sekitarnya. Secara garis besar metode ini dapat dikelaskan sebagai berikut:

1. Suatu cara penaksiran di mana harga rata-rata suatu titik yang ditaksir merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata terbobot (weighted average) dari data-data lubang bor di sekitar titik tersebut. Data di dekat titik yang ditaksir memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data yang jauh dari titik yang ditaksir bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari titik yang ditaksir.
2. Pilihan dari pangkat yang digunakan (ID^1 , ID^2 , ID^3 , ...)berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan.
3. Merupakan metode yang masih umum dipakai

Jika d adalah jarak antara titik yang ditaksir, dan z_i adalah titik data, maka faktor pembobotan adalah:

- a. Untuk ID pangkat satu (*Inverse Distance*)

$$w_n = \frac{\frac{1}{d_n}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}$$

- b. Untuk ID pangkat dua (*Inverse Distance Square*)

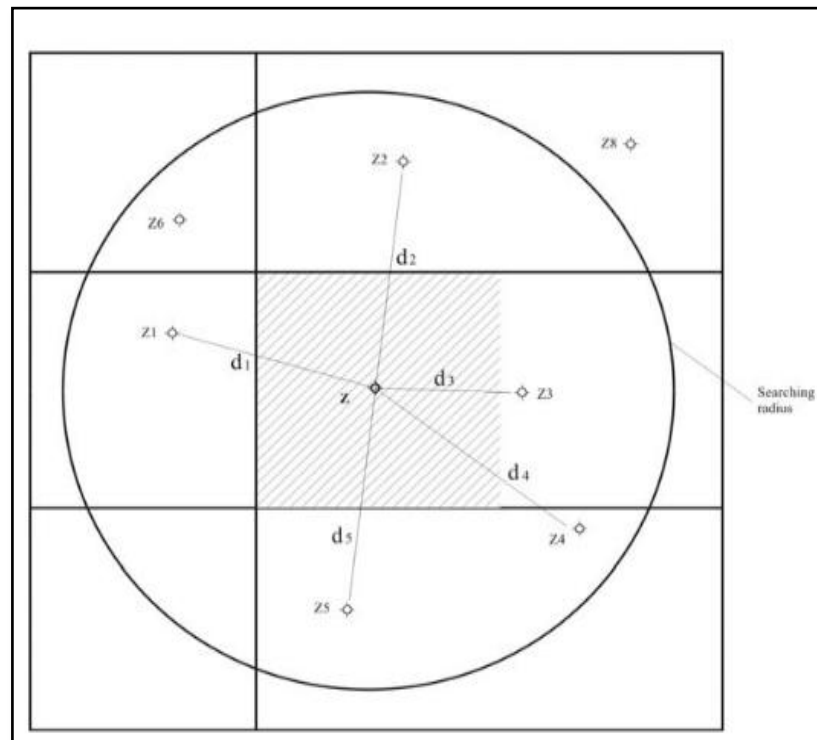
$$w_n = \frac{\frac{1}{d_n^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_n^2}}$$

- c. Untuk ID pangkat tiga (*Invers Distance Cubed*)

$$w_n = \frac{\frac{1}{d_n^3}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_n^3}}$$

Maka nilai taksiran (Z) akan sama dengan

$$z = \sum_{i=1}^n w_i z_i$$



Gambar 7. Metode Seperjarak (*Invers Distance*)

Metode inverse distance dapat diaplikasikan dengan juga memperhatikan sudut pencarian data. Sebagai contoh, jika ada dua data yang berada dalam satu sudut pencarian tertentu maka yang digunakan adalah data yang jaraknya paling dekat.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Litologi daerah penelitian terdiri kuarsit kuarsit, filit, sekis, batu lempung, batu pasir, batu lempung berpasir, dan soil.
2. Hasil dari pemodelan 3 dimensi dari litologi memperlihatkan bahwa keberadaan potensi adanya batuan pembawa bijih besi terindikasi di arah tenggara dan barat daya di daerah penelitian
3. Dari data geologi diasumsikan bahwa pembentukan bijih besi di daerah ini adalah merupakan hasil kontak metamorfik antara batuan metamorf berumur Perm-Karbon yang terdiri dari kuarsit, batupasir, yang diintrusi oleh batuan granitik berumur Trias.
4. Dari perhitungan volume menggunakan *rockwork* diketahui volume total litologi adalah 4.356.000 m³. Asumsi volume batuan yang mengandung potensial bijih besi (kuarsit, filit, dan sekis) setelah dikalikan dengan *density* masing-masing litologi adalah 922.510 ton, dan asumsi *waste* setelah dikalikan *density* adalah 6.277.560 ton.

B. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, untuk memastikan sumberdaya perlu dilakukan analisis kadar pada batuan pembawa bijih besi (kuarsit, filit, sekis).

2. Dari interpretasi masing-masing lubang bor dan pemodelan penampang litologi maka disarankan agar melakukan eksplorasi detail kearah selatan dari IUP PT Arosuka Mandiri.
3. Perlu dilakukan pemboran detail pada bagian tenggara dan barat daya lokasi penelitian untuk perhitungan cadangan terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1989. *Symbol Used On Geological Maps*.Bureu mineral resources geology dan geophysics.
- _____. 2006. *Roct Type Symbol*. Federal Geographic Data Committee (diakses pada tanggal 6 Juli 2014).
- _____. 2013. *Laporan Hasil Penyelidikan Geofisika Untuk Bijih Besi di Daerah Rangkang Luluhi, Blok-II Wiup Pt. Arosuka Mandiri Kabupaten Solok, Provinsi Sumatra Barat*.Padang. CV. Anugrah Sejahtera
- Arifudim Idrus.2007. *Endapan Mineral Bijih: Klasifikasi, Genesa, Model Endapan Serta Asosiasi Mineral dan Komposisi Kimianya*. Yogyakarta: UPN (diakses pada tanggal 9 Juni 2014).
- Djauhari Noor. 2009. *Pengantar Geologi*. Bogor: CV. Graha Ilmu.
- Ngkoimani dan Makkowaru,A. 2009. *Anisotropi Suseotibilitas Batuan Ultrabasa dari Pulau Wawoni Sulteng* (diakses pada tanggal 24 Juni 2014).
- Pradipta Tiwi, dkk. *Laporan Analisa Wilayah Kabupaten Solok*. 2009. Padang (diakses pada tanggal 9 September 2014).
- Simon and schuster's. 1998. *Guide To Rocks and Minerals*. New York: Simonand schuster Inc.
- Word Steel Assosiation. 2013. *Word Steel Figure 2013*. Word Steel Assosiation: China.
- www.laporanbijihbesi/2013/PT.CakungPrimaSteel (diakses pada tanggal 24 Juni 2014).
- Zendi Agasta. *Studi Geologi Pendahuluan Eksplorasi Bijih Besidi Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah LautPropinsi Kalimantan Selatan* (diakses pada tanggal 15 Juli 2014).