

**SKRIPSI**

**STUDI MINERALISASI MANGAN DAN MINERAL BIJIH IKUTANNYA  
PADA DAERAH PALUDDA KABUPATEN BARRU PROVINSI  
SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**WAHYU FAUZI  
D611 15 508**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**MAKASSAR  
2021**

**SKRIPSI**

**STUDI MINERALISASI MANGAN DAN MINERAL BIJIH IKUTANNYA  
PADA DAERAH PALUDDA KABUPATEN BARRU PROVINSI  
SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**WAHYU FAUZI  
D611 15 508**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**MAKASSAR  
2021**

**SKRIPSI**

**STUDI MINERALISASI MANGAN DAN MINERAL BIJIH IKUTANNYA  
PADA DAERAH PALUDDA KABUPATEN BARRU PROVINSI  
SULAWESI SELATAN**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
(ST) pada Program Studi Teknik Geologi Departemen Teknik Geologi Fakultas  
Teknik Universitas Hasanuddin*

**OLEH  
WAHYU FAUZI  
D611 15 508**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**MAKASSAR  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI MINERALISASI MANGAN DAN MINERAL BIJIH IKUTANNYA  
PADA DAERAH PALUDDA KABUPATEN BARRU PROVINSI  
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**WAHYU FAUZI**  
**D611 15 508**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Juni 2021

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**

**Prof. Dr. Ir. Eng Adi Maulana, S. T., M.Phil**

NIP. 19800428 200501 1 001

**Dr. Adi Tonggih, S.T., M.T.,**

NIP. 19650928 200003 1 002



**Ketua Departemen Teknik Geologi**  
**Departemen Teknik Universitas Hasanuddin**

**Dr. Eng. Asri Jaya H.S., S.T., M.T.**

NIP. 19700606 199412 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : WAHYU FAUZI  
NIM : D611 15 508  
Program Studi : Teknik Geologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

### STUDI MINERALISASI MANGAN DAN MINERAL BIJIH IKUTANNYA PADA DAERAH PALUDDA KABUPATEN BARRU PROVINSI SULAWESI SELATAN

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila ditemukan hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 12 Juni 2021

Yang Menyatakan

  
Wahyu Fauzi



## ABSTRAK

Secara administratif daerah penelitian terletak di Daerah Paludda Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak pada koordinat  $4^{\circ}36'16''$  -  $5^{\circ}36'33''$  Lintang Selatan (LS) dan  $119^{\circ}43'24''$  -  $119^{\circ}43'40''$  Bujur Timur (BT). Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui jenis tekstur khusus mineral mangan dan mineral bijih ikutannya pada daerah penelitian, untuk mengetahui kondisi geologi umum terutama batuan bijih menyimpan mineral mangan dan mineral bijih lainnya pada daerah penelitian dan untuk mengetahui tipe endapan mangan pada daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu metode pengambilan data lapangan dengan menggunakan pemetaan geologi dan analisis data dengan metode pengamatan petrografi, mineragrafi dan *scanning electron microscope* (SEM).

Berdasarkan hasil penelitian maka mineragrafi mineral bijih pada endapan mangan yang ada pada daerah penelitian dengan menggunakan sayatan poles (*polish section*) mineral mangan terdiri dari mineral rodohcrosite, pyrolusite, ramsdelite, manganite, manganese, sedangkan mineral ikutannya terdiri dari mineral sphalerite, galena, magnetite dan covellite. Goethite dan cristobalite sebagai mineral pengotor. Tekstur khusus dari mineral bijih endapan mangan didapatkan dominan *replacement* atau penggantian dan *infilling* atau pengisian yaitu *colloform bands* dan *vuggy*. Proses yang membantu mineralisasi mangan dan mineral ikutannya di daerah penelitian adalah proses *hydrothermal* berupa pengisi celah (*cavity filling*) pada batuan yang diikuti oleh proses pelapukan berupa residual.

Kata kunci : Mineralogi, Mangan, SEM, Paludda



## ABSTRACT

*Administratively, the study area is located at Paludda Area, Pujananting District, Barru Regency, South Sulawesi Province. Geographically it is situated at the coordinates of 4 ° 36'16 " - 5 ° 36'33" Southern Latitude (S) and 119 ° 43'24 " - 119 ° 43'40" Eastern Longitude (E). This study aims to determine the specific texture of manganese mineral and its associated ore minerals at the study area, to understand the general geological conditions, especially manganese bearing rock and other ore minerals in the study area and to determine the type of manganese deposits encountered at the study area. The method used include field data collection using geological mapping and data analysis with the use of petrography observation, minegraphy and scanning electron microscope (SEM).*

*Based on the results, minegraphy of ore minerals in manganese deposits under polish section shows mineral assemblage such as rodohcrosite, pyrolusite, ramsdelite, manganite, manganese, while the associated minerals consist of sphalerite, galena, magnetite, and covellite. Goethite and cristobalite as impurity minerals. The specific texture of the manganese ore deposit dominantly replacement and infilling in the form of colloform bands and vuggy. The mineralization process of manganese and it's associated minerals at the study area is of hydrothermal process in the form of cavity filling in rocks followed by a weathering process in the form of residuals.*

*Keywords: Mineralogy, Manganese, SEM, Paludda*



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang amat mulia dan sempurna, maha agung untuk disembah, menguasai jagat raya beserta isinya serta hidup manusia. Kepada-Nyalah kami memohon berkah dan rahmat serta izin-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Mineralisasi Mangan Dan Mineral Bijih Ikutannya Pada Daerah Paludda Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan**”. Shalawat dan salam atas Nabi Muhammad SAW yang merupakan rasul Allah SWT yang membawa dan membimbing umat manusia dari dunia yang penuh kegelapan ke dalam dunia yang terang benderang dengan cahaya islam.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, antara lain kepada:

1. Bapak **Dr.Eng.Asri Jaya S.T,M.T.** sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof.Dr.Ir.Eng.Adi Maulana.,S.T,M.Phil** sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan arahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak **Dr.Adi Tonggiroh.,S.T,M.T** sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Bapak **Dr.Ir.Musri Ma'waleda.,M.T** sebagai penasehat akademik, yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis.



5. Ibu **Dr.Ir.Hj.Ratna Husain L.,M.T** dan Ibu **Dr.Ulva Ria Irfan.,S.T,M.T** sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang banyak membantu selama berkuliah di Teknik geologi.
7. Kedua orangtua, serta keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil.
8. Teman – teman Agate'15 yang selalu membantu dan menjadi penyemangat penulis selama mengerjakan skripsi.
9. Pihak-pihak yang banyak membantu namun pada kesempatan ini tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan adanya masukan dan kritikan yang lebih banyak dan bersifat membangun demi kesempurnaan dari penulisan laporan ini. Segala kesalahan serta kekeliruan yang ada, tidak luput dari keterbatasan penulis sebagai manusia yang memiliki banyak kekurangan dan kesalahan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat baik secara individu maupun secara umum. Aamiin.

Gowa, Juni 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN TUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I LATAR BELAKANG</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Letak dan Kesampaian Daerah .....	3
1.5 Alat dan Bahan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Geologi Regional .....	6
2.1.1 Geomorfologi Regional .....	6
2.1.2 Struktur Regional .....	7
2.1.3 Stratigrafi Regional .....	9
2.2 Teori Ringkas .....	11
2.2.1 Proses Hidrotermal .....	11
2.2.2 Alterasi Hidrotermal .....	12
2.2.3 Tekstur Mineral Bijih .....	13
2.2.4 Mineral Mangan .....	15
2.2.4.1 Proses Pembentukan .....	17
2.2.4.2 Cebakan Bijih Mineral Mangan .....	18
2.2.4.3 Manfaat Mangan .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Metode Penelitian .....	22
3.2 Tahap Penelitian .....	22
3.2.1 Tahap Persiapan .....	23
3.2.2 Tahap Pengambilan Data .....	23
3.2.3 Pengambilan Data Lapangan .....	24
3.2.4 Tahap Analisis Laboratorium .....	24
Analisis Petrografi .....	24
Analisis Mineragrafi .....	25
Analisis SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	26
Tahap Penyusunan dan Presentasi Laporan .....	27



<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Geologi Daerah Penelitian .....	29
4.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian.....	29
4.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian .....	29
4.1.2.1 Satuan Batugamping .....	30
4.1.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	31
4.2 Endapan Mangan.....	32
4.2.1 Mineragrafi Mineral Bijih Mangan dan Mineral Bijih Ikutannya Daerah Paludda.....	35
4.3 Bentuk Morfologi Sampel Dengan Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Mangan Daerah Paludda.....	42
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Rekomendasi.....	47

## DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN :

1. Deskripsi Petrografi
2. Deskripsi Sayatan Poles (*Polish section*)
3. Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM)

### LAMPIRAN LEPAS :

1. Peta Stasiun Pengamatan
2. Peta Geologi



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1.1	Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.....	3
2.1	Foto kiri memperlihatkan kenampakan <i>vuggy quartz</i> (A), sedangkan foto kanan memperlihatkan tekstur <i>crustiform-colloform</i> , sebagai penciri tekstur pengisian (B).....	14
2.2	Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur pengisian. (A) <i>Vuggy</i> atau rongga sisa pengisian, (B) Kristal euhedral (C) Kristal <i>zoning</i> , (D) Gradasi ukuran Kristal, (E) Tekstur <i>crustiform</i> , (F) Tekstur <i>cockade</i> , (G) Tekstur <i>triangular</i> , (H) <i>Comb structure</i> , (I) Pelapisan simetris .....	14
2.3	Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur penggantian (Guilbert dan Park, 1986). (A) Pseudomorf, bementit mengganti sebagian Kristal karbonat, (B) Bornit mengganti pada bagian tepi dan rekahan kalkopirit, (C) Digenit yang mengganti kovelit dan kalkopirit, memperlihatkan lebar yang berbeda .....	15
2.4	Memperlihatkan kenampakan foto mikroskopis tekstur penggantian mineral kovelit pada bagian tepi mineral kalkopirit (A) dan memperlihatkan kenampakan foto mikroskopis tekstur <i>exsolution</i> mineral kalkopirit pada tubuh sfalerit (B) .....	15
2.5	Mangan.....	16
3.1	Alat Penghalusan Batuan menggunakan gerinda putar.....	25
3.2	Alat <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	26
3.3	<i>Flow Chart</i> Penelitian .....	28
4.1	Kenampakan satuan bentang alam perbukitan struktural dengan arah foto N 25°E.....	29
4.2	Singkapan batugamping pada stasiun 2 pada Daerah Paludda dengan arah foto N 51° E .....	31
4.3	Kenampakan mikrograf batugamping pada stasiun 2 pada Daerah Paludda .....	31
	Kenampakan bukaan kekar yang diisi oleh mineralisasi mangan...	32
	Keberadaan mangan sebagai pengisi celah pada batugamping.....	34



4.6	Endapan mangan yang residual.....	35
4.7	Kenampakan mineral goethite dengan tekstur <i>replacement</i> dan <i>infilling</i> , dan mineral cristobalite, mineral covellite dengan tekstur <i>infilling</i> .....	38
4.8	Kenampakan mineral manganite dengan tekstur <i>infilling</i> yang dijumpai dalam bentuk urat, dan mineral sphalerite dengan tekstur <i>infilling</i> .....	38
4.9	Kenampakan mineral pyrolusite dan rodochrosite dengan tekstur <i>infilling</i> .....	39
4.10	Kenampakan mineral galena dengan tekstur <i>infilling</i> .....	39
4.11	Kenampakan mineral magnetite dan ramsdelite dengan tekstur <i>infilling</i> .....	40
4.12	Kenampakan mineral manganese dengan tekstur <i>infilling</i> .....	40
4.13	Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Mangan Titik 1 .....	42
4.14	Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Mangan Titik 2 .....	43
4.15	Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Mangan Titik 3 .....	44



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
4.1	Mineral dan tekstur pada <i>polish section</i> daerah penelitian .....	41
4.2	Titik Pengamatan Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	44



# BAB I LATAR BELAKANG

## 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dan sumber daya geologi, disetiap pulau yang ada di Indonesia memiliki kekayaan sumber daya geologi yang dapat di manfaatkan untuk kepentingan umat manusia. Salah satu sumber daya geologi yang dimiliki oleh Indonesia adalah sumber daya mineral khususnya mineral logam mangan.

Mangan termasuk unsur terbesar yang terkandung dalam kerak bumi. Bijih mangan utama adalah pirolusit dan psilomelan, yang mempunyai komposisi oksida dan terbentuk dalam deposit mineral sedimenter dan residu. Mangan mempunyai warna abu-abu dengan kilap metalik sampai submetalik. Endapan mangan dapat terbentuk melalui beberapa proses yaitu proses hidrotermal (sirkulasi air panas), cebakan sedimenter (setiap konsentrasi lokal mineral yang terbentuk oleh proses sedimentasi). Endapan mangan juga dapat terbentuk dalam lingkungan batuan vulkanik (*tuff*) setempat dalam gamping (kapur). Dalam sebuah eksplorasi sumberdaya mineral dibutuhkan data dasar komposisi kimia dan geometri.

Disisi lain mineral mangan merupakan bahan galian industri yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan industri. Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan yang cukup besar, di mana sekitar 60% sumberdaya dan 70% cadangan

Indonesia berada di Nusa Tenggara Timur, dengan sumber daya bijih 71 dan logam 17.206.234 ton dan total cadangan bijih 79.712.386 ton dan



logam 38.998.324 ton. Disamping itu, mangan Nusa Tenggara Timur terkenal memiliki kualitas tinggi (*high grade*) di dunia (ESDM, 2017). Seiring dengan bertambahnya kebutuhan mangan, maka diperlukan sumberdaya mangan di daerah lain yang ada di Indonesia untuk dijadikan cadangan baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menemukan sumber-sumber cadangan mangan yang baru. Berangkat dari kondisi ini, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul studi mineralisasi mangan dan mineral bijih ikutannya pada Daerah Paludda Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk identifikasi karakteristik mineralogi pada beberapa sampel endapan mangan daerah Paludda, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis mineral mangan dan mineral ikutannya pada daerah penelitian
2. Mengetahui jenis tekstur khusus mineral mangan dan mineral bijih ikutannya pada daerah penelitian.
3. Mengetahui tipe endapan mangan pada daerah penelitian

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan ini dibatasi pada pengambilan data dan conto batuan di daerah penelitian yang selanjutnya dilakukan

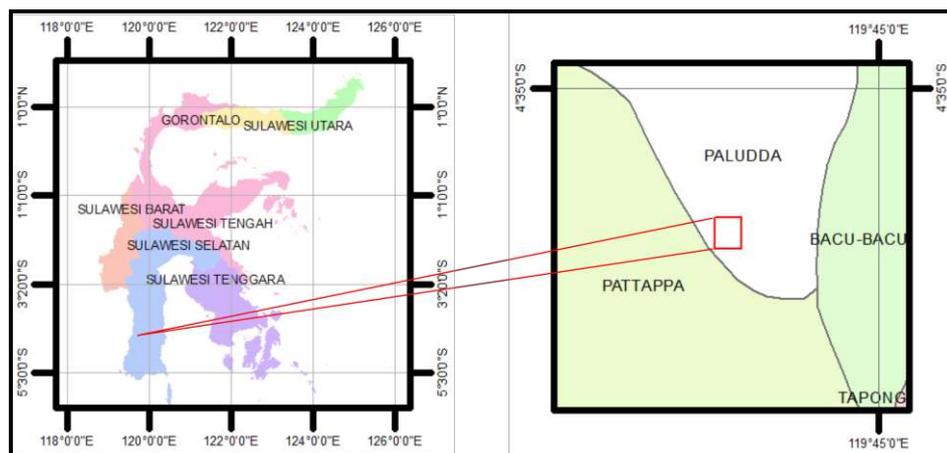


Analisa laboratorium yang terdiri dari Analisa petrografi, mineragrafi dan Analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM).

#### 1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah

Daerah penelitian secara administratif termasuk dalam Daerah Paludda, Kecamatan Pujananting, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara geografis terletak pada koordinat  $4^{\circ}36'16'' - 5^{\circ}36'33''$  LS (Lintang Selatan) dan  $119^{\circ}43'24'' - 119^{\circ}43'40''$  BT (Bujur Timur). (Gambar 1.1).

Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (bakosurtanal) Edisi I Tahun 1991. Daerah penelitian mencakup luas wilayah  $\pm 0,27$  Km<sup>2</sup>



**Gambar 1.1** Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di daerah Paludda Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. Untuk menuju daerah penelitian

capai dengan menggunakan jalur darat berupa kendaraan roda dua atau roda empat. Jarak tempuh dari kota Makassar ke lokasi penelitian  $\pm 125$



km dengan waktu tempuh sekitar 2,5 jam perjalanan dengan menggunakan sepeda motor dari Kota Makassar.

### 1.5 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut :

- Peta Topografi berskala 1 : 25.000 yang merupakan hasil pembesaran dari Peta rupa bumi skala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal.
- *Global Positioning System* (GPS)
- Kompas Geologi
- Palu Geologi
- *Loupe* dengan pembesaran 10 x
- Buku catatan lapangan
- Kamera digital
- Larutan HCl (0,1 M)
- Pita Meter/Roll Meter
- Komparator klasifikasi batuan sedimen
- Kantong sampel
- Alat tulis menulis
- Busur dan penggaris
- *Clipboard*



ansel lapangan

erlengkapan pribadi

Alat dan bahan yang digunakan selama analisis laboratorium adalah sebagai berikut :

- Mikroskop polarisasi untuk analisis petrografi
- Alat analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM)
- Sampel
- Album Mineral Optik
- Kamera digital
- Alat tulis menulis
- Kertas A4
- Sayatan tipis batuan
- Literatur



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Geologi Regional**

#### **2.1.1 Geomorfologi Regional**

Di daerah Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah utara-barat laut dan terpisahkan oleh lembah Sungai Walanae. Pegunungan yang barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar di bagian selatan (50 km) dan menyempit di bagian utara (22 km). Puncak tertingginya 1694 m, sedangkan ketinggian rata-ratanya 1500 m. Pembentuknya sebagian besar batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi kars, penceminan adanya batugamping. Di antara topografi kars di lereng barat terdapat daerah pebukitan yang dibentuk oleh batuan Pra-Tersier. Pegunungan ini di baratdaya dibatasi oleh dataran Pangkajene-Maros yang luas sebagai lanjutan dari dataran di selatannya.

Pegunungan yang di timur relatif lebih sempit dan lebih rendah, dengan puncaknya rata-rata setinggi 700 m, dan yang tertinggi 787 m. Juga pegunungan ini sebagian besar berbatuan gunungapi. Bagian selatannya selebar 20 km dan lebih tinggi, tetapi ke utara menyempit dan merendah, dan akhirnya menunjam ke bawah batas antara Lembah Walanae dan dataran Bone. Bagian utara pegunungan ini bertopografi kars yang permukaannya sebagian berkerucut. Batasnya di

adalah dataran Bone yang sangat luas, yang menempati hampir sepertiga mur.



Lembah Walanae yang memisahkan kedua pegunungan tersebut di bagian utara selebar 35 Km. tetapi di bagian selatan hanya 10 km. Di tengah terdapat Sungai Walanae yang mengalir ke utara Bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara terdapat dataran aluvium yang sangat luas mengelilingi Danau Tempe. (Sukanto, 1982)

### 2.1.2 Struktur Regional

Lengan selatan pulau Sulawesi secara struktural dibagi atas dua bagian yaitu lengan selatan bagian utara dan lengan selatan bagian selatan yang sangat berbeda struktur geologinya.

Lengan selatan bagian utara berhubungan dengan orogen, sedangkan lengan Selatan bagian Selatan memperlihatkan hubungan kearah jalur orogen yang merupakan sistem pegunungan Sunda.

Perkembangan struktur lengan selatan bagian utara pulau Sulawesi di mulai pada zaman Kapur, yaitu terjadinya pelipatan geosinklin disertai dengan kegiatan vulkanik bawah laut dan intrusi Gabro. Bukti adanya intrusi ini terlihat pada singkapan disepanjang pantai Utara–Selatan Teluk Bone.

Batuan yang masih dapat diketahui kedudukan struktur stratigrafinya dan tektoniknya adalah sedimen flisch formasi Balangbaru dan formasi Marada, di bagian bawah tidak selaras oleh batuan yang lebih muda. Batuan yang lebih tua merupakan massa yang terimbrikasi melalui sejumlah sesar sungkup,

kan, tergerus dan sebagian tercampur aduk dengan Mélange. Berdasarkan

n batuanya diduga formasi Balangbaru dan formasi Marada merupakan



endapan lereng di dalam sistem busur palung zaman Kapur Atas dan gejala ini menunjukkan bahwa Mélange di daerah Bantimala terjadi sebelum Kapur Atas.

Pada daerah bagian timur terjadi vulkanisme yang dimulai sejak Miosen Atas dimana hal ini ditunjukkan pada daerah Kalamiseng dan Soppeng. Akhir kegiatan vulkanisme ini diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentukan formasi Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan mengalami penurunan perlahan-lahan selama terjadi proses sedimentasi sampai kala Pliosen, proses penurunan terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu sesar Walanae yang seluruhnya nampak hingga sekarang di timur dan sesar Soppeng yang hanya tersingkap tidak menerus di sebelah Barat.

Sejak Miosen Tengah terjadi sesar utama yang berarah utara – baratlaut dan tumbuh setelah Pliosen. Perlipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan adanya tekanan mendatar yang kira-kira berarah timur-barat sebelum akhir Pliosen. Tekanan ini mengakibatkan pula adanya sesar lokal yang mengsesarkan batuan Pra Kapur Akhir di lembah Walanae dan di bagian barat pegunungan barat, yang berarah baratlaut- tenggara dan merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar. (Sukamto, 1982)



### 2.1.3 Stratigrafi Regional

Kelompok batuan tua yang umurnya belum diketahui terdiri dari batuan ularabasa, batuan malihan dan batuan melange. Batuannya terbreksikan dan tergerus dan mendaun, dan sentuhannya dengan formasi di sekitarnya berupa sesar atau ketidselarasan. Penarikan radiometri pada sekis yang menghasilkan 111 juta tahun Kemungkinan menunjukkan peristiwa malihan akhir pada tektonik Zaman Kapur. Batuan tua ini tertindih tak selaras oleh endapan *flysch* Formasi Balangbaru dan Formasi Marada yang tebalnya lebih dari 2000 m dan berumur Kapur Akhir. Kegiatan magma sudah mulai pada waktu itu dengan bukti adanya sisipan lava dalam *flysch*.

Batuan gunungapi berumur Paleosen (58,5- 63,0 it), dan diendapkan dalam lingkungan laut, menindih tak selaras batuan *flysch* yang berumur Kapur Akhir. Batuan sedimen Formasi Malawa yang sebagian besar dicirikan oleh endapan darat dengan sisipan batubara, menindih tak selaras batuan gunungapi Paleosen dan batuan *flysch* Kapur Akhir. Ke atas Formasi Malawa ini secara berangsur beralih ke endapan karbonat Formasi Tonasa yang terbentuk secara menerus dari Eosen Awal sampai bagian bawah Miosen Tengah. Tebal Formasi Tonasa lebih kurang 3000 m, dan melampar cukup luas mengalasi batuan gunungapi Miosen Tengah di barat. Sedimen klastika Formasi Salo Kalupang yang Eosen sampai Oligosen bersisipan batugamping dan mengalasi batuan gunungapi Kalamiseng Miosen Awal di timur.

bagian besar pegunungan, baik yang di barat maupun yang di timur, dan gunungapi. Di pegunungan yang timur, batuan itu diduga berumur



Miosen Awal bagian atas yang membentuk batuan Gunungapi Kalamiseng Di lereng timur bagian utara pegunungan yang barat, terdapat batuan Gunungapi Soppeng yang diduga juga berumur Miosen Awal. batuan sedimen berumur Miosen Tengah sampai Pliosen Awal berselingan dengan batuan gunungapi yang berumur antara 8,93-9,29 juta tahun. Secara bersama batuan itu menyusun Formasi Camba yang tebalnya sekitar 5000 m. Sebagian besar pegunungan yang barat terbentuk dari Formasi Camba ini yang menindih tak selaras Formasi Tonasa.

Selama Miosen akhir sampai Pliosen, di daerah yang sekarang jadi Lembah Walanae di endapkan sedimen klastika Formasi Walanae. Batuan itu tebalnya sekitar 4500 m, dengan bioherm batugamping koral tumbuh di beberapa tempat (batugamping Anggota Taccipi). Formasi, Walanae berhubungan menjemari dengan bagian atas Formasi Camba. Kegiatan gunungapi selama Miosen Akhir sampai Pliosen Awal merupakan sumber bahan bagi Formasi Walanae. Kegiatan gunungapi yang masih terjadi di beberapa tempat selama Pliosen, dan menghasilkan batuan gunungapi Parepare (4,25-4,95 juta tahun) dan Baturape-Cindako, juga merupakan sumber bagi formasi itu.

Terobosan batuan beku yang terjadi di daerah itu semuanya berkaitan erat dengan kegiatan gunungapi tersebut. Bentuknya berupa stok, sill dan retas, bersusunan beraneka dari basal, andesit, trakit, diorit dan granodiorit. dan berumur berkisar dari 8.3 sampai  $19 \pm 2$  juta tahun.

elah Pliosen Akhir, rupanya tidak terjadi pengendapan yang berarti di ni, dan juga tidak ada kegiatan gunungapi. Endapan undak di utara



Pangkajene dan di beberapa tempat di tepi Sungai Walanae, rupanya terjadi selama Pliosen. Endapan Holosen yang luas berupa aluvium terdapat di sekitar D. Tempe, di dataran Pangkajene-Maros dan di bagian utara dataran Bone. (Sukanto, 1982)

## 2.2 Teori Ringkas

### 2.2.1 Proses Hidrotermal

Proses Hidrotermal merupakan proses pembentuk mineral yang terjadi oleh pengaruh temperatur dan tekanan yang sangat rendah, dan larutan magma yang terbentuk sebelumnya.

Endapan hidrotermal merupakan jenis endapan bijih yang sangat penting karena endapan ini merupakan salah satu sumber utama dari bijih emas dan tembaga serta logam ekonomis lainnya. Ada beberapa hal penting yang berperan dalam pembentukan endapan bijih hidrotermal, yaitu: sumber air (*water source*), asal-usul komponen bijih, proses transportasi dari bijih, permeabilitas, penyebab, dan pengendapan bijih (Maulana A, 2015)

Secara garis besar, endapan mineral hidrotermal dapat dibagi atas :

1. Endapan Hidrotermal, dengan ciri tekanan dan temperatur pembekuan relatif tinggi, endapan berupa urat-urat dan korok yang berasosiasi dengan intrusi dengan kedalaman yang besar, asosiasi mineral berupa sulfida, misalnya *pyrite*, *chalcopyrite*, galena dan spalerite serta oksida besi, dan

a intrusi granit sering berupa endapan logam Au, Pb, Sn, W dan Z



2. Endapan Mesothermal, dengan ciri tekanan dan temperatur yang berpengaruh lebih rendah dari pada endapan hidrotermal, endapannya berasosiasi dengan batuan beku asam-basa dan dekat dengan permukaan bumi, tekstur akibat “*cavity filling*” jelas terlihat, sekalipun sering mengalami proses penggantian antara lain berupa “*crustification*” dan “*banding*”, asosiasi mineralnya berupa sulfida, misalnya Au, Cu, Ag, Sb dan Oksida Sn dan proses pengayaan sering terjadi
3. Endapan Epitermal, dengan ciri tekanan dan temperatur yang berpengaruh paling rendah, tekstur penggantian tidak luas atau jarang terjadi, endapannya biasa dekat atau pada permukaan bumi, kebanyakan teksturnya berlapis atau berupa “*fissurevein*” dan asosiasi mineral logamnya berupa Au dan Ag dengan mineral “*gangue*”-nya berupa kalsit dan zeolit disamping kuarsa.

Adapun bentuk-bentuk endapan mineral dapat dijumpai sebagai proses endapan hidrotermal adalah sebagai pengisi celah atau *cavity filling* (Zainul dkk, 2015).

### 2.2.2 Alterasi Hidrotermal

Alterasi Hidrotermal adalah perubahan komposisi mineral dari suatu batuan akibat adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan tersebut.

Proses alterasi akan menyebabkan berubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder yang kemudian disebut dengan mineral yang teralterasi (*secondary minerals*). Alterasi hidrotermal merupakan proses yang kompleks yang terjadi perubahan secara mineralogi, kimia dan tekstur oleh akibat adanya



interaksi larutan hidrotermal dengan batuan sampling (*wall rocks*) yang dilaluinya pada kondisi fisika-kimia tertentu (Pirajno, 1992).

Ada tiga hal yang menjadikan penyelidikan terhadap proses alterasi sangat penting dalam mempelajari suatu endapan hidrotermal, yaitu;

1. komposisi kimia dan struktur dari mineral-mineral yang terbentuk dari hasil proses alterasi merupakan respons terhadap kondisi pembentukannya. Oleh karena itu, mineral atau kumpulan mineral-mineral alterasi akan memberikan informasi tentang kondisi kimia-fisika dari proses hidrotermal yang terjadi
2. mineral-mineral alterasi pada umumnya dijumpai pada zona yang akan menggambarkan kondisi pembentukannya
3. mengenali zonasi mineral-mineral hasil alterasi akan sangat membantu dalam mengidentifikasi jalur dari larutan hidrotermal yang akan membawa kita kepada jalur mineralisasi.

### 2.2.3 Tekstur Mineral Bijih

Ada tiga tekstur mineral yang diketahui yaitu tekstur *open space filling* (*infilling*), tekstur *replacement*, serta tekstur *exolution*.

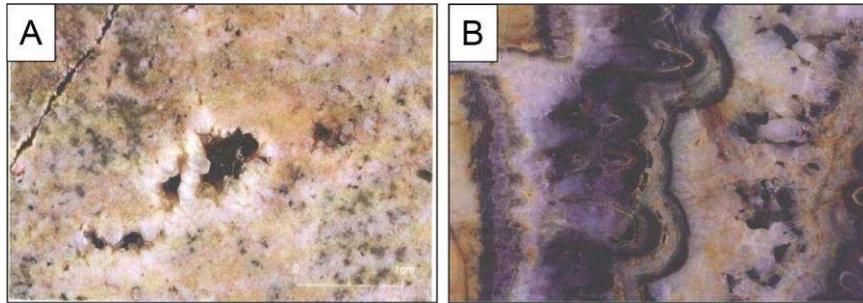
1. Tekstur *Infilling* (pengisian)

Proses pengisian umumnya terbentuk pada batuan yang getas, pada daerah tekanan relatif rendah, sehingga rekahan atau kekar cenderung bertahan. Tekstur

dapat mencerminkan bentuk asil dari pori serta daerah tempat an fluida, serta dapat memberikan informasi struktur geologi yang



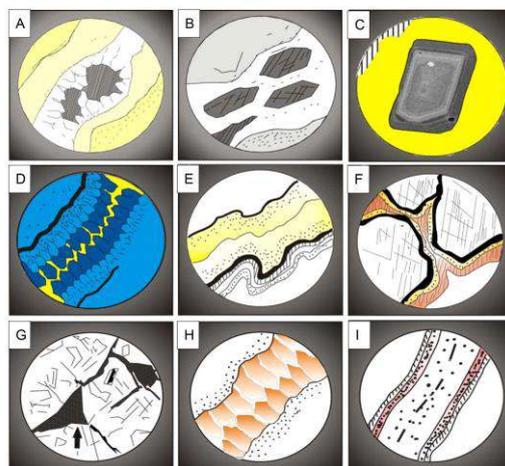
mengontrolnya. Mineral-mineral yang terbentuk dapat memberikan informasi tentang komposisi fluida hidrotermal, maupun temperatur terbentuknya.



**Gambar 2.1** Foto kiri memperlihatkan kenampakan *vuggy quartz* (A), sedangkan foto kanan memperlihatkan tekstur *crustiform-colloform*, sebagai penciri tekstur pengisian (B).

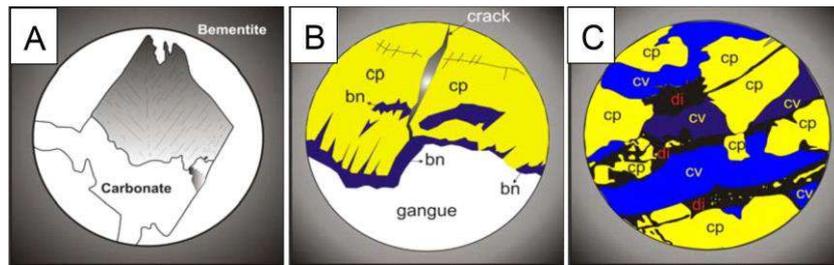
## 2. Tekstur *Replacement* (Penggantian)

Proses ubahan bentuk oleh penggantian sebagian atau seluruhnya tubuh mineral menjadi mineral baru. Karena pergerakan larutan selalu melewati pori, rekahan atau rongga, maka tekstur penggantian relatif sama dengan mineralogi pada tekstur pengisian, akan tetapi mineralogi pengisian cenderung berukuran lebih besar



**2.2** Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur pengisian. (A) *Vuggy* atau rongga sisa pengisian, (B) Kristal euhedral (C) Kristal *zoning*, (D) Gradasi ukuran Kristal, (E) Tekstur *crustiform*, (F) Tekstur *cockade*, (G) Tekstur *triangular*, (H) *Comb structure*, (I) Pelapisan simetris

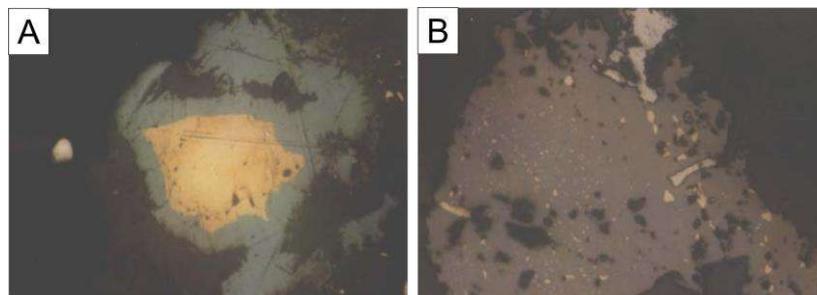




**Gambar 2.3** Gambar yang menunjukkan beberapa kenampakan tekstur penggantian (Guilbert dan Park, 1986). (A) Pseudomorf, bementit mengganti sebagian Kristal karbonat, (B) Bornit mengganti pada bagian tepi dan rekahan kalkopirit, (C) Digenit yang mengganti kovelit dan kalkopirit, memperlihatkan lebar yang berbeda

### 3. Tekstur *Exolution*

Mineral-mineral yang terbentuk sebagai homogenous *solid-solution*, pada saat temperatur mengalami penurunan, komponen terlarut akan memisahkan diri dari komponen pelarut, membentuk tekstur *exolution*. Kenampakan komponen (mineral) terlarut akan membentuk inklusi-inklusi halus pada mineral pelarutnya. Inklusi-inklusi ini kadang teratur dan sejajar, kadang berlembar, kadang tidak teratur.



**Gambar 2.4** Memperlihatkan kenampakan foto mikroskopis tekstur penggantian mineral kovelit pada bagian tepi mineral kalkopirit (A) dan memperlihatkan kenampakan foto mikroskopis tekstur *exolution* mineral kalkopirit pada tubuh sfalerit (B)

#### 2.2.4 Mineral Mangan



Mangan merupakan salah satu mineral dari 12 unsur yang cukup banyak di kerak bumi. Di samudra diperkirakan terdapat lebih dari 3 triliun ton

nodul mangan berukuran sebesar kentang. Mineral mangan di seluruh dunia terdapat dengan jumlah 0,1 % dari kandungan kerak bumi. Di samudra Pasifik nodul mangan terbentuk sekitar 10 juta ton per tahun. Berdasarkan hasil penyelidikan USBM (Suhala, 1997) diketahui bahwa zona kadar mangan terdapat dalam cekungan sedimen pasifik bagian timur yang terletak pada jarak 2200 km sebelah tenggara Los Angeles, California. Di zona ini nodul mangan terjadi dalam lapisan tunggal dan tidak teratur (USGS Mineral, 2002).



**Gambar 2.5** Mangan

Mineral logam mangan sangat luas pemakaiannya sehingga perlu dilakukan eksplorasi untuk kelangsungan kegiatan industri logam. Mangan banyak dijumpai dalam bentuk cebakan bijih sedimen, umumnya berkomposisi oksida serta berasosiasi dengan kegiatan vulkanik dan batuan yang bersifat basa. Mangan paling sering dijumpai dalam bentuk mineral pirolusit dan psilomelan, kadang-kadang dijumpai pula rhodokrosit, rhodonit, manganit, manganese, brausit, dan nsutit. Cadangan mineral logam mangan di Indonesia cukup besar, namun tersebar

di lokasi yang secara individu umumnya berbentuk lensa berukuran kecil dengan kadar yang bervariasi. Produksi mangan dunia mencapai 21,9 juta ton



dimana China merupakan produsen terbesar dengan 4,5 juta ton diikuti Afrika Selatan (USGS Mineral, 2002).

#### 2.2.4.1 Proses Pembentukan

Proses pembentukan mangan dibagi menjadi dua menurut pembentukan yaitu:

##### 1. Endapan mangan primer

Endapan mangan primer yang terjadi karena proses hidrotermal dicirikan oleh hadirnya produk hidrotermal berupa zona batuan atau mineral ubahan, breksi hidrotermal, silisifikasi atau silisikasi baik dalam bentuk urat-urat atau batuan yang terkonsolidasi, disamping stockwork. Endapan mangan ini terbentuk karena proses presipitasi akibat thermal effect atau karena *replacement* proses oleh fluida hidrotermal pada batuan sampling.

##### 2. Endapan Mangan Sekunder

Endapan mangan sekunder berasal dari endapan mangan primer yang sudah terbentuk sebelumnya yang mengalami proses pelapukan, pengikisan, atau pelarutan yang kemudian diendapkan kembali, baik ditempat yang sama atau dipindahkan ke tempat lain. Proses sekunder didominasi oleh agen pelapukan dan media air, yang menghasilkan jejak-jejak pembentukan yang khas seperti gejala oksidasi, pencampuran dengan detritus lainnya, struktur perlapisan, atau nodul-nodul yang menggambarkan manifestasi dari agen-agen tersebut.

Untuk dapat mengungkap dengan pasti bagaimana proses pembentukan

di suatu daerah, pakar geologi akan melakukan pendekatan ilmiah dengan cara mengumpulkan data sekunder, pengamatan geologi lapangan dan analisis



laboratorium. Dengan memeriksa asosiasi, penampakan, tekstur dan struktur deposit baik mikro (di laboratorium) maupun di lapangan.

#### 2.2.4.2 Cebakan Bijih Mineral Mangan

Terdapat ratusan mangan yang telah diketahui tetapi hanya 13 mineral saja yang sering dijumpai dalam cebakan bijih secara komersial. Bijih utama mangan yang sering dijumpai dan bernilai ekonomis adalah pirolusit dan psilomelan.

Dikenal 5 jenis mineral bijih yang mengandung mangan (Sukandarrumidi, 1998) :

##### 1. Pirolusit ( $MnO_2$ )

Mineral oksida berwarna abu-abu kilap metalik, kekerasan 2 - 2,5, BD 4,4 - 4,8 gr/cc. Sistem Kristal tetragonal, belahan prismatic, merupakan mineral hasil oksidasi. Umumnya pirolusit adalah mineral hasil oksidasi sekunder atau vein. Pirolusit yang terbentuk sebagai pseudomorf dari manganit biasanya bersifat masif ataupun reniform kadang berstruktur berserabut dan radial. Selain sebagai kumpulan kristal yang kasar, pirolusit juga terdapat sebagai kristal berbentuk jarum yang halus.

##### 2. Psilomelan ( $Ba, H_2O$ ) $4Mn_10O_{20}$

Mineral sekunder terhidrasi berwarna abu-abu, kekerasan 5 - 6, kilap submetalik, sebagai mineral amorf, bersifat massif, reniform botroidal atau stalaktitik. Sehingga lebih umum dijumpai dalam jebakan sekunder, berat jenis

,7 gr/cc, pecahan brittle, sistem kristal ortorombik.

manganit ( $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ )



Mangan berkomposisi oksida, dan merupakan mineral terhidrasi yang berwarna hitam besi atau abu-abu baja, monoklin, prismatic, kekerasan 4, berat jenis 4,2 - 4,4 gr/cc, belahan sempurna, pecahan brittle. *Basic manganese oxide*, umumnya dijumpai dalam bentuk urat yang terbentuk pada temperatur cukup tinggi pada batuan basa.

#### 4. Braunit ( $3\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$ )

Mangan berkomposisi oksida berwarna coklat kehitaman sering mengandung silika sebanyak 10 %. Berat jenis 4 - 4,2 gr/cc, berserabut atau kolumnar, mineral ini umumnya dijumpai dalam urat atau cebakan sekunder. Umumnya berasosiasi dengan bixbyite  $(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3$  dan hausmanite  $(\text{MnMn}_2\text{O}_4)$ .

#### 5. Rhodokrosit ( $\text{MnCO}_3$ )

Warna merah muda hingga coklat, hexagonal, kilap kaca, pecahan *choncoidal*, belahan sempurna, kekerasan 3,5 - 4 Mosh, berat jenis 3,4 - 3,6 gr/cc. Mineral ini banyak dijumpai pada vein bersama kuarsa karena proses metamorfisme yang bersentuhan dengan batuan berkomposisi karbonat membentuk replacement pada batuan kapur.

Mineral mangan lainnya yang hanya dijumpai terbatas dalam cebakan bijih adalah hausmanite  $(\text{Mn}_3\text{O}_4)$ , todokrosit  $(\text{Na, Ca, KMn}_2) \text{O}_{12}3\text{H}_2\text{O}$ , lithiofonit dan nsutit. Hausmanite berwarna coklat kehitaman dengan kilap sub metalik, sedang todokrosit merupakan mineral utama dalam nodul mangan. Lithioforit

posisi aluminium-lithium mangan oksida dengan kandungan kobalt, nikel  
aga yang bervariasi. Nsunit merupakan mineral mangan oksida, pertama



kali ditemukan di Nsuta di Negara Ghana (Afrika). Bixbyite  $(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3$ , berwarna hitam mengkilat dengan berat jenis 4,9 - 5,1 gr/cc dan kekerasan 6 - 6,5 Mosh, merupakan mineral mangan hasil dari proses vulkanik dan metamorf (USGS Mineral, 2002).

Mineral logam mangan sangat luas pemakaiannya sehingga perlu dilakukan eksplorasi untuk kelangsungan kegiatan industri logam. Mangan banyak dijumpai dalam bentuk cebakan bijih sedimen, umumnya berkomposisi oksida serta berasosiasi dengan kegiatan vulkanik dan batuan yang bersifat basa. Mangan paling sering dijumpai dalam bentuk mineral pirolusit dan psilomelan, kadang-kadang dijumpai pula rhodokrosit, rhodonit, manganit, brausit, dan nsutit. Cadangan mineral logam mangan di Indonesia cukup besar, namun tersebar di banyak lokasi yang secara individu umumnya berbentuk lensa berukuran kecil dengan kadar yang bervariasi. Produksi mangan dunia mencapai 21,9 juta ton dimana China merupakan produsen terbesar dengan 4,5 juta ton diikuti Afrika Selatan (USGS Mineral, 2002).

#### 2.2.4.3 Manfaat Mangan

Kegunaan mangan sangat luas, baik untuk tujuan metalurgi maupun nonmetalurgi. Sekitar 85 - 90 % kegunaan mangan adalah untuk keperluan metalurgi terutama pembuatan logam khusus seperti *german silver* dan *cupro Manganese*. Keperluan nonmetalurgi biasanya digunakan untuk produksi baterai,

keramik dan gelas, glasir dan frit, juga untuk pertanian, proses produksi. Di Indonesia industri hilir pemakai mangan adalah industri logam, korek baterai, serta keramik. Terdapat ratusan mangan yang telah diketahui



tetapi hanya 13 mineral saja yang sering dijumpai dalam cebakan bijih secara komersial. Bijih utama mangan yang sering dijumpai dan bernilai ekonomis adalah pirolusit dan psilomelan (USGS Mineral, 2002).

