

SKRIPSI

**BENEFISIASI BIJIH BESI MENGGUNAKAN METODE
MAGNETIC SEPARATION DI DAERAH TANJUNG
KECAMATAN BONTOCANI KABUPATEN BONE,
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**YERRY IMANUEL TANDIRAU
D621 16 509**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

BENFISIASI BIJIH BESI MENGGUNAKAN METODE *MAGNETIC SEPARATION* DI DAERAH TANJUNG KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE, SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

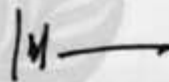
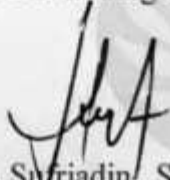
**Yerry Imanuel Tandirau
D62116509**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 19 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Su'riadin, S.T.,M.T.
NIP. 196608172000121001

Dr. Ir. Irzal Nur., M.T.
NIP. 196604091997031002

Ketua Program Studi,



Dr. Arvanti Virtanti Anas, S.T.,M.T.
NIP. 197010052008012026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Yerry Imanuel Tandırâu

NIM : D62116509

Program Studi : Teknik Pertambangan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Benefisiasi Bijih Besi Dengan Metode *Magnetic Separation* Di Daerah Tanjung,
Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 19 Mei 2023

Yang Menyatakan



Yerry Imanuel Tandırâu

ABSTRAK

YERRY IMANUEL TANDIRAU. BENEFISIASI BIJIH BESI MENGGUNAKAN METODE MAGNETIC SEPARATION DI DAERAH TANJUNG KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE, SULAWESI SELATAN (dibimbing oleh Dr. Sufriadin, S.T.,M.T. dan Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.)

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya mineral, minyak, dan gas bumi. Sektor pertambangan di Indonesia ini merupakan salah satu sektor yang menjadi andalan pemerintah dalam menghasilkan devisa negara. Endapan bijih besi yang ekonomis umumnya berupa hematit, magnetit, limonit dan siderite. Salah satu wilayah di Sulawesi Selatan yang memiliki indikasi bijih besi adalah Daerah Tanjung Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik dan menganalisis proses benefisiasi secara magnetik bijih besi dari daerah Bontocani. Hasil analisis mineralogi menggunakan metode XRD (X-Ray Diffraction) mengindikasikan sampel bijih besi tersusun oleh mineral kuarsa (SiO_2), goetit (FeO.OH), hematit (Fe_2O_3) dan magnetit (Fe_3O_4). Hasil analisis kimia menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) menunjukkan komposisi sampel awal terdiri dari: 76,309% Fe_2O_3 , 42,394%, SiO_2 , 17,355%, MnO , 0,229%. Proses benefisiasi diawali dari sampel bijih besi oksida sebanyak 2,5 kg sebagai umpan diayak menjadi empat fraksi ukuran butir yaitu $(-180+150)\mu\text{m}$; $(-150+125)\mu\text{m}$; $(-125+106)\mu\text{m}$; $(-106)\mu\text{m}$; dengan distribusi berat sampel masing masing 500 gram. Tiap fraksi umpan ini dipisahkan secara magnetik menggunakan magnetic separator tipe *dry low-intensity drum* dan menghasilkan persentase kadar besi (Fe_2O_3) produk konsentrat tiap fraksi yaitu 75,004%; 77,324%; 83,616%; dan 88,234% dengan perolehan besi tertinggi pada fraksi $(-180+125)\mu\text{m}$. Pada proses *roasting* dengan suhu 450°C selama 60 menit mempengaruhi kadar besi (Fe_2O_3) konsentrat yang dihasilkan yaitu 85,447%; 80,571%; 78,608%; 71,081% dengan tingkat perolehan tertinggi pada fraksi $(-150+125)\mu\text{m}$ dengan nilai sebesar 93,98%. Setelah dilakukan proses pemanggangan kadar bijih besi (Fe_2O_3) mengalami penurunan sebesar 1% hingga 3%.

Kata Kunci: Bijih besi, benefisiasi, *magnetic separator*, *roasting*, *recovery*.

ABSTRACT

YERRY IMANUEL TANDIRAU. BENEFICIATION OF IRON ORE USING THE MAGNETIC SEPARATION METHOD IN TANJUNG AREA, BONTOCANI DISTRICT, BONE DISTRICT, SOUTH SULAWESI (supervised by Dr. Sufriadin, S.T.,M.T. and Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.)

Indonesia is one of the most country that have multiple resource in nature including oil, minerals, and natural gas. Mining sector is one the promising sector that provide Indonesian government biggest foreign exchange. Economical iron ore deposits are generally in the form of hematite, magnetite, limonite and siderite. One of the areas in South Sulawesi that has indications of iron ore is in Tanjung Region, Bontocani District, Bone Regency, South Sulawesi. This study aims to examine the characteristics and analyze the magnetic beneficiation process of iron ore from the Bontocani area. Mineralogical analysis using Microscopic and XRD (X-Ray Diffraction) methods indicate that iron ore sample is composed of quartz (SiO_2), goetite (FeO.OH), hematite (Fe_2O_3) and magnetite (Fe_3O_4). The results of chemical analysis the XRF (X-Ray Fluorescence) method showed the composition of sample consisting of: 70,30% Fe_2O_3 , 42,394%, SiO_2 , 17,355%, MnO , 0,229%. The beneficiation process begins with a sample of 2,5kg of iron oxide ore as the bait is sieved into five grain size fractions namely (-180+150) μm ; (-150+125) μm ; (-125+106) μm ; (-106) μm with their mass distribution is 500 gram. Each feed fraction was magnetically separated using a dry low-intensity drum type magnetic separator and produced a percentage of iron (Fe_2O_3) concentrate product for each fraction is 75,004%; 77,324%; 83,616%; and 88,234% with the highest iron recovery in the fraction (-180+150) μm . the reduction process with a temperature of 450°C for 60 minutes affects the level of the percentage of the product iron content (Fe_2O_3) produced is 85,447%; 80,571%; 78,608%; 71,081% with the highest recovery rates in the fraction (-180+125) μm with 93,98%. Grade of iron ore (Fe_2O_3) has decreased about 3% after roasting process.

Keywords: *Iron ore, beneficiation, magnetic separator, roasting, recovery*

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI..... | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| ABSTRAK..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | viii |
| KATA PENGANTAR..... | 1 |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 2 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 2 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan..... | 3 |
| 1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Bijih Besi..... | 5 |
| 2.2 Geologi..... | 8 |
| 2.3 Tipe Endapan Besi..... | 10 |
| 2.4 Endapan Skarn..... | 12 |
| 2.5 Preparasi Sampel..... | 13 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN..... | 23 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 23 |
| 3.2 Benda Uji dan Alat..... | 24 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 33 |
| 4.2 Benefisiasi Bijih Besi Dengan Magnetik Separator..... | 37 |
| 4.3 Perolehan Fe ₂ O ₃ Dari Pemisahan Secara Magnetik..... | 41 |
| 4.4 Pemisahan Secara Magnetik Setelah Pemanggangan..... | 42 |
| 4.5 Perolehan Fe ₂ O ₃ Setelah Pemanggangan..... | 46 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 48 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 48 |
| 5.2 Saran..... | 48 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 50 |
| LAMPIRAN..... | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Peta Geologi Daerah Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan..... | 9 |
| Gambar 2.2 Model Endapan Skarn | 13 |
| Gambar 2.3 a. Jaw crusher, b. Roll Crusher..... | 14 |
| Gambar 2.4 Sifat Kemagnetan | 16 |
| Gambar 2.5 Prinsip Kerja Magnetik Separator | 18 |
| Gambar 2.6 Proses Blast Furnace | 20 |
| Gambar 3.1 Lokasi Penelitian | 23 |
| Gambar 3.2 Palu geologi..... | 24 |
| Gambar 3.3 Kuas..... | 24 |
| Gambar 3.4 Karung..... | 25 |
| Gambar 3.5 Jaw crusher..... | 25 |
| Gambar 3.6 Double roll crusher..... | 26 |
| Gambar 3.7 Ball mill..... | 26 |
| Gambar 3.8 Shieve shaker..... | 27 |
| Gambar 3.9 Magnetic separator | 27 |
| Gambar 3.10 Muffle furnace..... | 28 |
| Gambar 3.11 Neraca digital | 28 |
| Gambar 3.12 Mounting press..... | 29 |
| Gambar 3.13 Pemoles elektrik..... | 29 |
| Gambar 3.14 Mesin XRD | 30 |
| Gambar 3.15 Mesin XRF | 30 |
| Gambar 3.16 Mikroskop | 31 |
| Gambar 3.17 Kantong sampel..... | 31 |
| Gambar 3.18 Sampel bijih besi | 32 |
| Gambar 3.19 ATK..... | 32 |
| Gambar 4.1 Kenampakan Mikroskopis Sampel Bijih Besi di kecamatan Bontocani | 33 |
| Gambar 4.2 Persentase massa fraksi umpan | 35 |
| Gambar 4.3 Pola difraktogram sampel awal bijih besi | 36 |
| Gambar 4.4 Persentase Produk Pemisahan Secara Magnetik | 38 |
| Gambar 4.5 Pola difraksi sinar-x sampel a. sampel awal, bkonsentrat, c. tailing. | 40 |
| Gambar 4.6 Grafik hubungan ukuran butir terhadap recovery dan kadar Fe_2O_3 dari pemisahan bijih besi secara magnetik | 42 |
| Gambar 4.7 Pola difraksi sinar-x sampel hasil pemanggangan reduksi pada temperatur $450^{\circ}C$ selama 60 menit setelah roasting. | 45 |
| Gambar 4.8 Grafik hubungan ukuran butir terhadap recovery dan kadar Fe_2O_3 dari pemisahan bijih besi secara magnetic setelah pemanggangan | 47 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Mineral-mineral bijih besi bernilai ekonomis..... | 6 |
| Tabel 2.2 Genesis Besi | 11 |
| Tabel 4.1 Data distribusi ukuran butir..... | 35 |
| Tabel 4.2 Komposisi Kimia Sampel Awal..... | 37 |
| Tabel 4.3 Jumlah produk pemisahan secara magnetik tiap fraksi..... | 38 |
| Tabel 4.4 Hasil analisis kimia dari produk konsentrat bijih besi yang sebelum pemanggangan | 39 |
| Tabel 4.5 Recovery Fe_2O_3 hasil pemisahan secara magnetik | 41 |
| Tabel 4.6 Komposisi kimia sampel awal bijih besi setelah dilakukan pemanggangan | 43 |
| Tabel 4.7 Hasil pemisahan secara magnetik | 43 |
| Tabel 4.8 Hasil analisis kimia dari produk konsentrat bijih besi setelah pemanggangan ($450^{\circ}C$, 60 Menit) | 44 |
| Tabel 4.9 Hasil perolehan Fe_2O_3 dari produk konsentrat setelah pemanggangan | 46 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Peta Lokasi Penelitian..... | 52 |
| Lampiran 2 Deskripsi Mineragrafi..... | 53 |
| Lampiran 3 Hasil XRD Sampel Awal..... | 55 |
| Lampiran 4 hasil XRD Sampel Konsentrat..... | 56 |
| Lampiran 5 Hasil XRD Sampel Tailiing..... | 57 |
| Lampiran 6 Hasil XRD Sampel Konsentrat Roasting (450°C, 60 Menit)..... | 58 |
| Lampiran 7 Hasil XRD Sampel Tailing Roasting (450°C, 60 Menit)..... | 59 |
| Lampiran 8 Hasil Analisa XRF Sampel Awal..... | 60 |
| Lampiran 1 Hasil Analisa XRF Sampel Awal yang telah di roasting..... | 61 |
| Lampiran 2 Hasil Analisa XRF Sampel Konsentrat ukuran 105µm..... | 62 |
| Lampiran 3 Hasil Analisa Sampel Konsentrat ukuran 125µm..... | 63 |
| Lampiran 4 Hasil Analisa Sampel Konsentrat ukuran 150µm..... | 64 |
| Lampiran 5 Hasil Analisa Sampel Konsentrat ukuran 180µm..... | 65 |
| Lampiran 6 Hasil Analisa Sampel Konsentrat roasting ukuran 105µm..... | 66 |
| Lampiran 7 Hasil Analisa Sampel Konsentrat roasting ukuran 125µm..... | 67 |
| Lampiran 8 Hasil Analisa Sampel Konsentrat roasting ukuran 150µm..... | 68 |
| Lampiran 9 Hasil Analisa Sampel Konsentrat roasting ukuran 180µm..... | 69 |
| Lampiran 10 Kartu Kontrol Tugas Akhir..... | 71 |

KATA PENGANTAR

Puji syukur di panjatkan kehadirat Tuhan, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan laporan tugas akhir ini dapat berjalan lancar dan terselesaikan dengan baik.

Penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “BENEFISIASI BIJIH BESI MENGGUNAKAN METODE MAGNETI SEPARATION DI DAERAH TANJUNG KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE, SULAWESI SELATAN dapat diselesaikan dengan berbagai suka dan duka yang dilalui penulis dalam proses penyusunannya.

Ungkapan rasa terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupun melalui dukungan moril, tenaga, doa yang sangat memberikan kontribusi besar dalam penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada orang tua kami Dr. Sufriadin, ST., MT., selaku Pembimbing I penulis yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan akademik/non akademik serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Melalui momen kali ini penulis juga memohon maaf apabila dalam proses bimbingan banyak kesalahan dan kekeliruan yang dilakukan.

Terima Kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku pembimbing II penulis yang telah memberikan kritik, saran dan arahan yang sangat membangun. Melalui kesempatan ini pula penulis sampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam proses perkuliahan dan penelitian banyak melakukan kesalahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penelitian berikutnya. Akhirnya semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Makassar, Mei 2023

Yerry Imanuel Tandirau

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya mineral, minyak, dan gas bumi. Sektor pertambangan di Indonesia ini merupakan salah satu sektor yang menjadi andalan pemerintah dalam menghasilkan devisa negara. Dalam perkembangannya, sektor ini dituntut untuk dapat memberikan hasil yang lebih optimal terutama yang berasal dari sumberdaya mineral. Salah satu endapan mineral berharga adalah bijih besi (Sutisna, 1999).

Besi (Fe) merupakan unsur yang hadir di setiap batuan, ketersediaannya dalam jumlah besar dan bernilai ekonomis melibatkan proses-proses geologi yang berkaitan dengan suatu zonasi mineralisasi. Karakter dari endapan bijih besi ini biasanya berupa endapan logam yang berdiri sendiri namun seringkali berasosiasi dengan mineral logam lainnya. Endapan bijih besi yang ekonomis umumnya berupa hematit, magnetit, limonit dan siderit (karyanto, 2009).

Salah satu wilayah di Sulawesi Selatan yang memiliki bijih besi adalah Daerah Tanjung Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Kabupaten Bone memiliki sumber daya bijih sebesar 116.682.200 ton yang tersebar di beberapa wilayah yaitu Kecamatan Binticani (dusun Pakke, dusun Tanung dan dusun Marara), Kecamatan Kahu, dan kecamatan Libureng (Harwan, et al.).

Adanya mineral bijih besi pada daerah tanjung ditandai dengan adanya penambangan yang pernah dilakukan oleh salah satu perusahaan bijih besi di daerah tersebut. Akan tetapi, keberadaan bijih besi dengan kadar dan konsentrasi yang tinggi di daerah tersebut belum maksimal dalam mengetahui keberadaan maupun kedalamannya. Pemanfaatan bijih besi yang kurang optimal disebabkan oleh minimnya penelitian dalam bidang tersebut. Bijih besi yang ditambang tanpa dilakukannya investigasi yang mendetail mengakibatkan kurangnya optimasi mineral itu sendiri. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat perolehan konsentrasi dan kandungan unsur kimia. Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan tersebut adalah metode magnetik separasi dan roasting. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan

bijih besi dalam industri pertambangan dan juga memberikan basis data untuk penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Bijih besi biasanya dapat di jumpai dengan kadar kurang lebih 40% Fe dan kuantitas bahan baku dalam peleburan bijih besi untuk pembuatan besi baja yaitu 65%. Oleh karena itu dibutuhkan benefisiasi untuk meningkatkan kadar bijih besi. Permasalahan yang paling sering dijumpai dalam pengolahan bijih besi kadar rendah terletak pada karakteristiknya. Dengan menghilangkan mineral pengotor dan meningkatkan kadar Fe melalui proses benefisiasi menggunakan metode roasting dan magnetik separator bijih besi berkadar rendah dapat dimanfaatkan.

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik mineralogi bijih besi di Daerah Tanjung, Kecamatan Bontocani.
2. Menganalisis tingkat perolehan konsentrat menggunakan metode magnetik separator.
3. Menganalisis pengaruh pemanggangan terhadap tingkat perolehan konsentrat dengan magnetik Separator.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber kajian bijih besi di daerah Tanjung, Kecamatan Bontocani. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengolahan bijih besi pada masa yang akan datang. Dan juga penelitian ini bentuk dari penerapan ilmu pertambangan dan pengolahan bahan galian dalam bentuk penambahan wawasan dalam proses pengolahan bijih besi berkadar rendah.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Bagian ini membahas hal-hal yang membatasi mahasiswa dalam melakukan penelitian karena beberapa pertimbangan cakupan wilayah, rentang waktu, aspek

atau sektornya yang tidak mungkin diteliti secara keseluruhan. Untuk skripsi berbentuk perancangan, asumsi-asumsi yang digunakan harus realistis atas pertimbangan dan persetujuan dosen pembimbing.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bijih Besi

Besi adalah batuan yang mengandung unsur besi, atau terdapat endapan besi di dalamnya. Mineral penyusun Fe berkisar antara 30-80%, sisanya disusun oleh mineral lain terbentuk dari perubahan panas dan tekanan yang menyebabkan terjadinya aktivitas kimiawi didalamnya. Keterdapatan endapan besi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu endapan besi primer karena proses hidrotermal, endapan besi laterit terbentuk akibat pelapukan dan endapan besi sekunder (pasir besi) adalah merupakan kelompok mineral rombakan. Besi adalah batuan yang mengandung unsur besi, atau terdapat endapan besi di dalamnya. Mineral penyusun Fe berkisar antara 30-80%, sisanya disusun oleh mineral lain terbentuk dari perubahan panas dan tekanan yang menyebabkan terjadinya aktivitas kimiawi didalamnya. Keterdapatan endapan besi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu endapan besi primer karena proses hidrotermal, endapan besi laterit terbentuk akibat pelapukan dan endapan besi sekunder (pasir besi) adalah merupakan kelompok mineral rombakan (Perkins, 2002).

Besi juga 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 magnetit, hematit, limonit, dan siderit. Kadang kala dapat berupa mineral *pyrite*, *pyrhotite*, *marcasite*, dan *chamosite*. Berdasarkan kejadiannya endapan besi dapat di kelompokkan menjadi tiga jenis. Pertama endapan besi primer, terjadi karena proses hidrotermal, kedua endapan besi laterit terbentuk akibat proses pelapukan, dan ketiga endapan pasir besi terbentuk karena proses rombakan dan sedimentasi secara kimia dan fisika.

Dari mineral-mineral bijih besi, magnetit adalah mineral dengan kandungan Fe paling tinggi, tetapi terdapat dalam jumlah kecil. Sementara hematit merupakan mineral bijih utama yang di butuhkan dalam industri besi. Mineral-mineral

pembawa besi dengan nilai ekonomis dengan susunan kimia, kandungan Fe dan klasifikasi komersil dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini (Jensen, et al., 1981).

Tabel 2.1 Mineral-mineral bijih besi bernilai ekonomis

| No | Susunan Kimia | Kandungan Fe (%) | Klasifikasi Komersil |
|----|---|------------------|--|
| 1 | FeO, Fe ₂ O ₃ | 72,4 | Magnetik atau bijih hitam |
| 2 | Fe ₂ O ₃ | 70,0 | Bijih merah |
| 3 | Fe ₂ O ₃ .nH ₂ O | 59-63 | Bijih coklat |
| 4 | FeCO ₃ | 48,2 | <i>Spathic, black band, dan clay ironstone</i> |

Besi merupakan komponen kerak bumi yang persentasenya sekitar 5%. Besi atau ferrum tergolong unsur logam dengan symbol 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 7,3-7,5. 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 (Fe₂O₃) dan magnetit (Fe₃O₄). Deposit hematit dalam lingkungan sedimentasi seringkali berupa formasi banded iron (BIFs) yang merupakan variasi lapisan chert, kuarsa, hematit, dan magnetit. Proses pembentukan dari presipitasi unsur besi dari laut dangkal. Tasonit 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 ekstraterestrial, 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 (Harjanto, Agus ; Prasongko, Bambang Kuncoro ;, 2011).

Bijih besi dibagi menjadi beberapa golongan diantaranya golongan oksida, sulfida dan hidroksida. Golongan oksida meliputi hematit dan magnetit sedangkan

untuk golongan sulfida seperti pirit, kalkopirit, arsenopirit dan pirotit. Limonit dan goetit termasuk ke dalam golongan hidroksida (Montana, et al., 1977). Berikut beberapa mineral-mineral pembawa bijih besi.

1) Goetit

Goetit merupakan mineral hidroksida besi yang memiliki sistem kristal orthorhombik berwarna kuning kecokelatan, massa jenisnya 4,3 dan tingkat kekerasan 5,3. Goetit atau *bog iron ore* umumnya memiliki kadar Fe sebesar 63% dan sulit untuk diolah secara komersial jika kadar pengotor (Mn) lebih dari 5%.

2) Limonit

Limonit atau bijih besi lumpur (*bog iron ore*) dengan rumus kimia $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ merupakan kumpulan mineral yang dihasilkan dari proses oksidasi dan hidrasi mineral besi primer. Limonit ini dapat berupa stalaktit yang berwarna coklat *karst (gossan)* dengan goresan coklat kekuningan.

3) Hematit

Hematit merupakan mineral besi golongan oksida dengan rumus kimia Fe_2O_3 . Hematit biasanya berbentuk tipis dan pipih. Mineral ini memiliki permukaan yang dapat berubah warna jika sinar datang dari berbagai arah (*iridescent*). Hematit berwarna kemerahan atau merah tua, abuabu gelap dan hitam. Mineral ini memiliki tingkat kekerasan 5,5 – 6,5 dan massa jenisnya 4,2 – 5,25.

4) Magnetit

Magnetit atau lodestone (magnet alam) berwarna hitam dan tidak tembus cahaya dengan rumus kimia Fe_3O_4 . Mineral ini memiliki susunan kristal sistem isometrik berupa oktahedron dan dodekahedron. Selain itu, mineral ini memiliki massa jenis 5,18 dan tingkat kekerasan 5,5–6,5. Mineral ini memiliki sifat fisik berupa kilap logam, ferromagnetik dan goresan berwarna hitam Magnetit akan larut perlahan dengan asam hidroklorik.

5) Ilmenit

Ilmenit merupakan mineral golongan oksida dengan rumus kimia $FeTiO_3$. Mineral ini memiliki sistem kristal heksagonal dan tingkat kekerasan 5 – 6. Mineral ini juga tidak tembus cahaya dan memiliki kilap sub-logam. Mineral ini berwarna hitam atau coklat gelap dengan goresan berwarna hitam sampai coklat kemerahan.

2.2 Geologi

Geologi regional daerah penelitian tidak terlepas dari geologi daerah Sulawesi, secara umum merupakan bagian dari benua Asia yang stabil. Daerah ini juga merupakan bagian selatan dari peta geologi lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi dengan skala 1:250.000. Sebagian lagi terdapat pada bagian utara lembar peta geologi Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai. Keseluruhan daerah tersebut masuk dalam peta geologi Lembar Ujungpandang skala 1:1.000.000 (Sukanto, 1975). (Gambar 2.1)

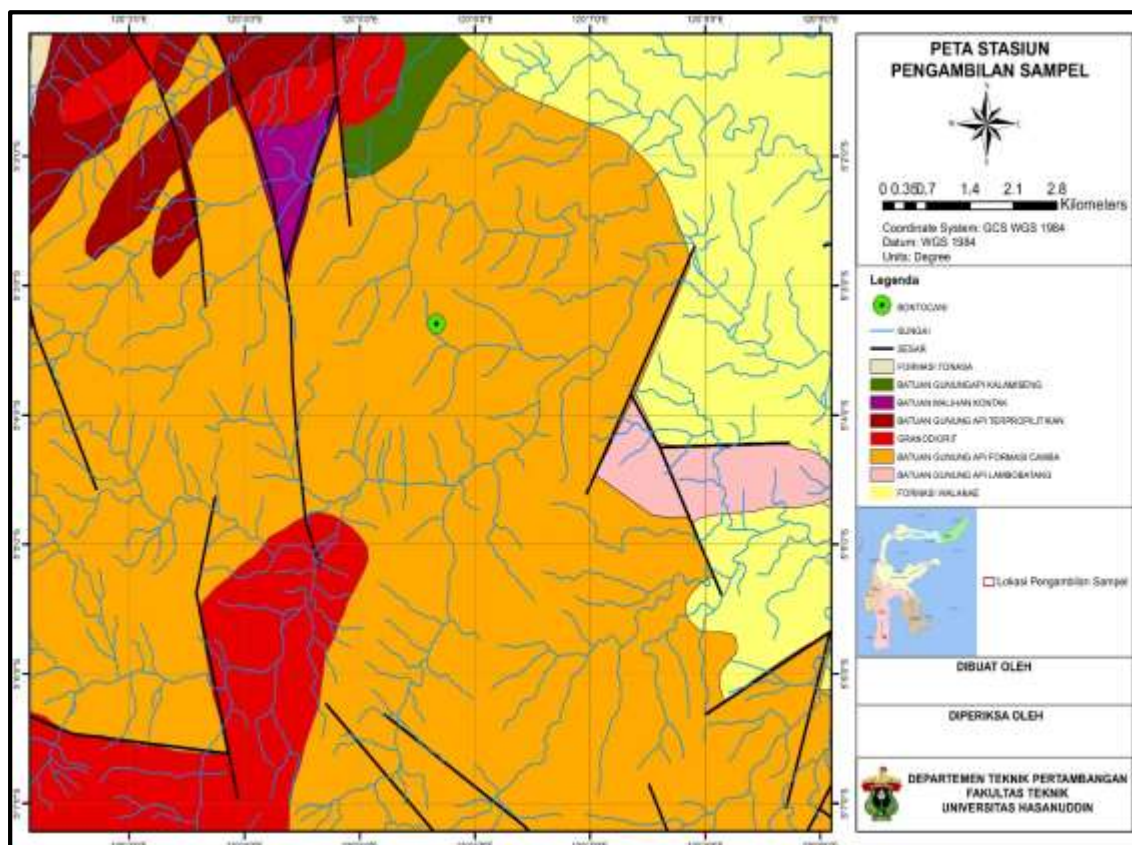
Secara regional, daerah penelitian termasuk di dalam jalur gunung api yang membentang dari pulau Sumatera melalui pulau Jawa bagian selatan terus ke pulau Bali-Lombok-Flores-Sumbawa terus membelok ke bagian utara melalui Sulawesi Selatan-Sulawesi Tengah-Sulawesi Utara dan akhirnya di pulau-pulau Filipina. Oleh karena itu, daerah Bontocani ini didominasi oleh morfologi perbukitan tinggi dengan kemiringan umumnya curam sampai sangat curam

Stratigrafi regional daerah Bontocani merupakan bagian dari cekungan Sulawesi yang terdiri atas beberapa macam batuan. Urutan stratigrafi dari batuan tertua seperti, batuan malihan kontak (S), batuan sedimen tipe fans Formasi Marada (Km) yang berumur Kapur, batuan gunungapi terpropilitikan (Tpv) yang berumur Paleosen, batugamping Formasi Tonassa (Temt), batuan gunung api Formasi Camba (Tmcy), serta terobosan batuan granodiorite (Gd) yang berumur Miosen Awal. Struktur geologi regional yang berkembang di daerah penelitian adalah kelurusan, sesar normal serta kekar. Tektonik yang mengontrol daerah penelitian tidak terlepas dari tektonik regional Sulawesi umumnya, dimana Pulau Sulawesi merupakan pertemuan tiga lempeng (*threeple junction*) dari Lempeng Asia yang stabil, Lempeng Australia yang bergerak ke utara serta Lempeng Samudera Pasifik yang mendorong ke arah barat (Hamilton, 1979).

Geomorfologi daerah penelitian merupakan daerah perbukitan yang cukup tinggi, dengan ketinggian antara 50 meter-658 meter di atas permukaan laut. Bukit-bukit tersebut memanjang dari barat daya-timur laut, diantaranya, Bulu Patirolanceng (619 m), Bulu Lemo (658 m), Bulu Labokkong (636 m), Bukit Tinjong (401 m), Bukit Cakempong (362 m), dan Bukit Lapak Tanjung (353).

Lembah di daerah ini umumnya berbentuk “V” dengan dasar yang sempit, aliran sungainya cukup deras dengan tingkat erosi masih muda. Sungai utama di daerah penelitian adalah sungai Patijong dan Sungai Garruppa yang mengalir ke arah timur laut dan tenggara dengan cabang-cabang. Yang membentuk pola aliran dendritik. Aliran sungai di daerah Tanjung cukup besar yaitu Sungai Buluh-buluh yang mengalir Salo Birru atau dikenal oleh penduduk setempat sebagai Salo Garrupa yang mengalir dari Barat Daya-Timur Laut. Daerah penelitian didominasi oleh Batuan Gunungapi terpropolitikan (Tpv) sekitar 30%, menempati bagian tengah dan memanjang Timur Laut-Barat Daya. Kemudian batuan gunung api Formasi Camba (Tmcv) seluas 30% yang menempati bagian selatan. Terobosan granodiorite (Gd) sekitar 25% menempati bagian tengah hingga ke utara.

Gambar 2.1 Peta Geologi Daerah Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan
Sisanya terdiri atas batuan sedimen Formasi Marada (Km) 8%, Satuan batugamping



korall (Temt) seluas 5 % dan batuan malihan kontak (S) 2% yang menempati bagian timur dan selatan.

Satuan batuan gunungapi terpropolitikan disusun oleh unit batuan andesitic-basaltik berupa lava yang telah teralterasi hidrotermal, silisifikasi dan kloritasasi,

terutama pada lava andesitic yang mendominasi unit lava. Lava menempati hampir sepanjang Sungai Garrupa dan di beberapa tempat seperti, di pinggir jalan Desa Palatae Kecamatan Bontocani Dan Sungai Pattijong. Satuan batuan intrusi andesit tersebut menempati perbukitan bagian bawah dan tengah. Pada bagian atas Satuan Batuan intrusi andesit ditutupi oleh breksi bersifat andesitik dan breksi piroklastik serta tufa bagian dan Formasi Camba (Tmcv) (Utoyo, 2008).

2.3 Tipe Endapan Besi

2.3.1 Besi Primer (*ore deposits*)

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 selingga menimbulkan bahan cair (fluida) seperti cairan magmatik dan metamorfik yang banyak mengandung bijih.

2.3.2 Besi Sekunder (endapan placer)

Cebakan mineral alochton dibentuk oleh kumpulan mineral berat melalui proses sedimentasi, secara alamiah terpisah karena gravitasi dan dibantu pergerakan media cair, padat dan gas/udara. Kerapatan konsentrasi mineral-mineral berat tersebut tergantung kepada tingkat kebebasannya dari sumber, berat jenis, ketahanan kimiawi hingga lamanya pelapukan dan mekanisma. Dengan nilai ekonomi yang dimilikinya para ahli geologi menyebut endapan *alochton* tersebut sebagai cebakan placer.

Jenis cebakan ini telah terbentuk dalam semua waktu geologi, tetapi kebanyakan pada umur tersier dan masa kini, sebagian besar merupakan cadangan berukuran kecil dan sering terkumpul dalam waktu singkat karena tererosi.

Kebanyakan cebakan berkadar rendah tetapi dapat ditambah karena berupa partikel bebas, mudah di kerjakan dengan tanpa penghancuran, dimana pemisahannya dapat menggunakan alat *semi-mobile* dan relatif murah. Penambangannya biasanya dengan cara pengerukan, yang merupakan metoda penambangan termurah. Tabel 2.2 menjelas jenis endapan bijih besi

Tabel 2.2 Genesis Besi

| No. | Genesa | Jenis |
|-----|---|---|
| 1 | Terakumulasi in sifuselama pelapukan | Placer residual |
| 2 | Terkonsentrasi dalam media padat yang Bergerak | Placer aluvial |
| 3 | Terkonsentrasi dalam media cair yang bergerak (air) | Placer aluvial atau sungai (placer coastal) |
| 4 | Terkonsentrasi dalam media gas/ udara yang bergerak | Placer Aeolian (jarang) |

Plaser residual, merupakan pasir yang terbentuk dari partikel mineral bijih pembentuk cebakan terakumulasi langsung diatas batuan sumbernya (urat mengandung emas atau kasiterit) yang telah mengalami penghancuran kimiawi dan terpisah dari bahan-bahan batuan yang lebih ringan. Jenis cebakan ini hanya terbentuk pada permukaan tanah yang hampir rata, dimana didalamnya dapat juga ditemukan mineral-mineral ringan yang tahan reaksi kimia (*beryl*). Plaser aluvial, partikel mineral/bijih pembentuk jenis cebakan ini pada endapkan di atas lereng bukit suatu batuan sumber. Di beberapa daeran ditemukan plaser aluvial dengan bahan-bahan pembentuknya yang bernilai ekonomis terakumulasi pada kantong-kantong (*pockets*) permukaan batuan dasar.

Plaser sungai atau aluvial, jenis ini paling penting terutama yang berkaitan dengan bijih emas yang umumnya berasosiasi dengan biji besi, dimana konfigurasi lapisan dan berat jenis partikel minerall bijih menjadi faktor-faktor penting dalam pembentukannya. Telah dikenal bahwa fraksi mineral berat dalam cebakan ini berukuran lebih kecil daripada fraksi mineral ringan, sehubungan dengan mineral

berat pada batuan sumber (beku dan malihan) terbentuk dalam ukuran lebih kecil daripada mineral utama pembentuk batuan. Selain itu juga pemilihan dan susunan endapan sedimen di kendalikan oleh berat jenis dan ukuran partikel (rasio hidraulik).

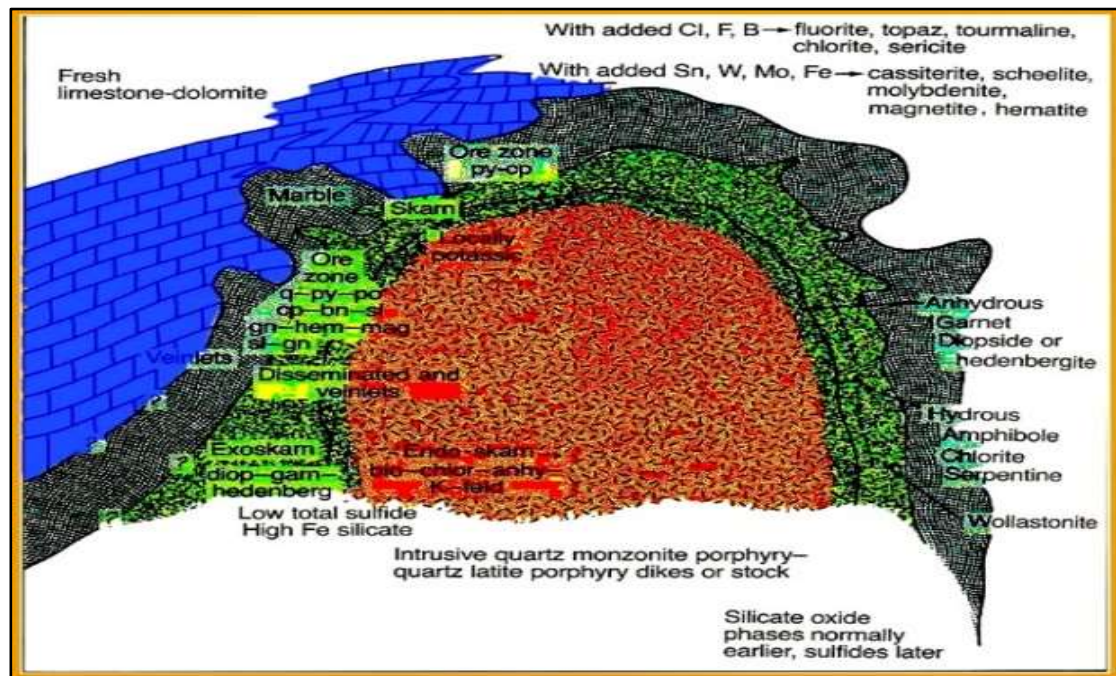
Plaser koastal atau pantai, cebakan ini terbentuk sepanjang garis pantai oleh pemusatan gelombang dan arus air laut di sepanjang pantai. Gelombang melemparkan

partikel-partikel pembentuk cebakan ke pantai dimana air yang kembali membawa bahan-bahan diendapkan terkonsentrasi di pantai, kemudian terakumulasi sebagai batas yang jelas dan membentuk lapisan. Perlapisan menunjukkan urutan terbalik dari ukuran dan berat partikel, dimana lapisan dasar berukuran halus dan atau kaya akan mineral berat dan ke bagian atas berangsur menjadi lebih kasar dan atau sedikit mengandung mineral berat. Plaser pantai terjadi pada kondisi topografi berbeda yang disebabkan oleh perubahan muka air laut, dimana zona optimum pemisahan mineral berat berada pada zona pasang surut dari suatu pantai terbuka. Konsentrasi partikel mineral bijih juga dimungkinkan pada *terrace* hasil bentukan gelombang laut. Mineral-mineral terpenting yang di kandung jenis cebakan ini seperti magnetit, ilmenit, emas, kasiterit, intan, monazit, rutil, xenotim, dan zirkon.

2.4 Endapan Skarn

Skarn merupakan batuan yang tersusun oleh silikat Ca-Fe-Mg-Mn yang terbentuk oleh penggantian batuan kaya karbonat selama proses metamorfisme regional ataupun kontak dan metasomatisme, sebagai respon pada intrusi batuan beku dari bermacam-macam komposisi. Tidak semua skarn memiliki mineralisasi yang ekonomis, karenanya ada yang disebut endapan skarn untuk memerikan skarn yang berasosiasi dengan mineral-mineral ekonomis. Proses terjadinya skarn melibatkan proses metamorfisme kontak yang bertemperatur tinggi. Magma yang kaya akan silika mengintrusi batuan sedimen yang kaya akan karbonat seperti batugamping. Daerah atau zona yang dekat dengan intrusi tersebut akan mengalami proses pembakaran (*baked*) dan terjadi proses metamorfisme kontak yang selanjutnya akan terjadi penambahan unsur-unsur penyusun dari magma kedalam batugamping (metasomatisme), terutama penambahan unsur silika dan kalsium dan pengurangan

unsur pada batugamping. Unsur silika dan kalsium tersebut akan bergabung untuk membentuk mineral-mineral yang kaya akan kalsium silika pada temperatur yang tinggi (Einaudi, et al., 1981). Gambar 2.2 memperlihatkan model endapan Skarn.



Gambar 2.2 Model Endapan Skarn (Pirajno,2009)

2.5 Preparasi Sampel

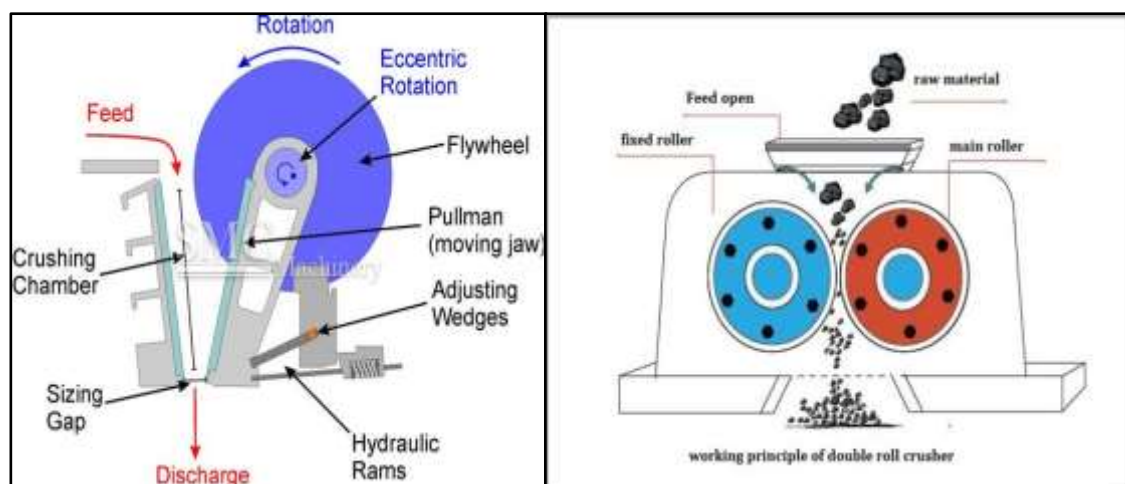
Pengambilan sampel bijih besi langsung didapatkan dari daerah penelitian kemudian perlu dilakukan preparasi sampel untuk mendapatkan ukuran yang optimal pada tahap selanjutnya. Preparasi sampel adalah tahapan dimana sampel yang telah di ambil di siapkan untuk sebelum di lakukan benefisiasi. Sampel yang telah di ambil biasanya didiamkan selama kurang lebih 1 minggu agar kadar air yang ada pada sampel berkurang. Sampel yang telah berkurang kadar airnya di bersihkan dan di lakukan proses kominusi dan di lanjutkan dengan pengayakan menggunakan mesh shieve dengan fraksi ukuran butir yang beragam.

Bijih besi yang dikumpulkan, kemudian dipisahkan dengan menggunakan magnetik separator agar tanah yang terkandung dalam bijih besi hilang, lalu. Preparasi sampel bijih besi dilakukan dengan cara peremukan menggunakan *crusher* dan dihancurkan menjadi halus menggunakan *tor mill*. Proses reduksi ini ada 2 macam yaitu proses reduksi langsung dan proses reduksi tidak langsung.

Selanjutnya sampel bijih besi diseparsi secara manual (magnetik separation) dengan menggunakan magnet batang. Selanjutnya sampel bijih besi diayak menggunakan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel lebih kecil

Pada tahap kominusi batuan yang telah di ambil di hancurkan dengan palu agar ukuran sampel berkurang hingga 3 cm agar dapat masuk ke dalam *jaw crusher* (Gambar 2.3 a). Sampel yang telah masuk ke dalam *jaw crusher* akan keluar dengan ukuran kurang dari 2 cm, lalu di lanjutkan dengan mengurangi ukuran sampel menjad 2mm dengan menggunakan *roll crusher* (Gambar 2.3 b).

Setelah itu di lakukan penggerusan menggunakan *ball mill* untuk melepaskan mineral yang bernilai ekonomis dari mineral gangue. *Ball mill* menggunakan media bola baja untuk menggerus dan menumbuk sampel saat berputar. Bola baja yang di gunakan berjumlah sekitar 10 hingga 15 bola baja (Kaushal, 2007)



Gambar 2.3 a. Jaw crusher, b. Roll Crusher

2.6 Benefisiasi dan Kemagnetan

2.6.1 Benefisiasi Bijih Besi

Benefisiasi adalah proses yang meningkatkan nilai ekonomi bijih yang ditambang dengan menghapus bahan-bahan yang tidak bernilai, menghasilkan tingkatan yang lebih tinggi produk. Benefisiasi bijih besi juga dilakukan untuk meningkatkan jumlah kadar dengan menghilangkan material tidak berharga yang terkandung dalam bijih. Bahan galian tambang yang sering di temui di alam, sering di temukan dalam keadaan memiliki kadar dan logam berharga yang rendah dan belum menyesuaikan kebutuhan pasar sehingga cocok untuk di proses lebih lanjut. Beberapa keuntungan dalam melakukan proses benefisiasi (Wills, et al., 2015).

1. Biaya transportasi antara lokasi penambangan dan lokasi peleburan berkurang karena waste telah terbuang dan kadar telah di tingkatkan
2. Flux yang ditambahkan tidak terlalu banyak dan mengurai metal lost yang terbuang
3. Biaya peleburan berkurang dikarenakan tonase yang lebih sedikit
4. Pengambilan metal menjadi lebih muda di karenakan konsentrat dengan kadar mineral yang lebih tinggi dapat diambilnya produk sampingan ketika konsentrat mengandung lebih dari satu mineral.

2.6.2 Kemagnetan

Kemagnetan sudah sangat lama melekat dan di gunakan oleh manusia untuk kehidupan sehari-hari. Pada tahun 1972 W. Fullarton mematenkan praktik pemisahan magnetik. Pemisahan magnetik biasanya digunakan dalam Benefisiasi kelas tinggi bijih besi yang mana mineral dominan besi adalah ferro dan paramagnetik. Basah dan kering intensitas rendah pemisahan magnetik (LIMS) teknik yang digunakan untuk proses bijih dengan sifat-sifat magnetik yang kuat seperti magnetit sementara basah intensitas tinggi magnet pemisahan digunakan untuk memisahkan mineral Fe dengan sifat-sifat magnetik yang lemah seperti bijih besi dari mineral gangue. Besi bijih goetit tersebut dan limonit biasanya ditemukan dalam tailing dan tidak terpisah dengan baik. Berdasarkan perilaku molekulnya, mineral di bagi menjadi tiga jenis, yaitu paramagnetik, feromagnetik dan diamagnetik (Jang, et al., 2014).

2.1 Diamagnetik

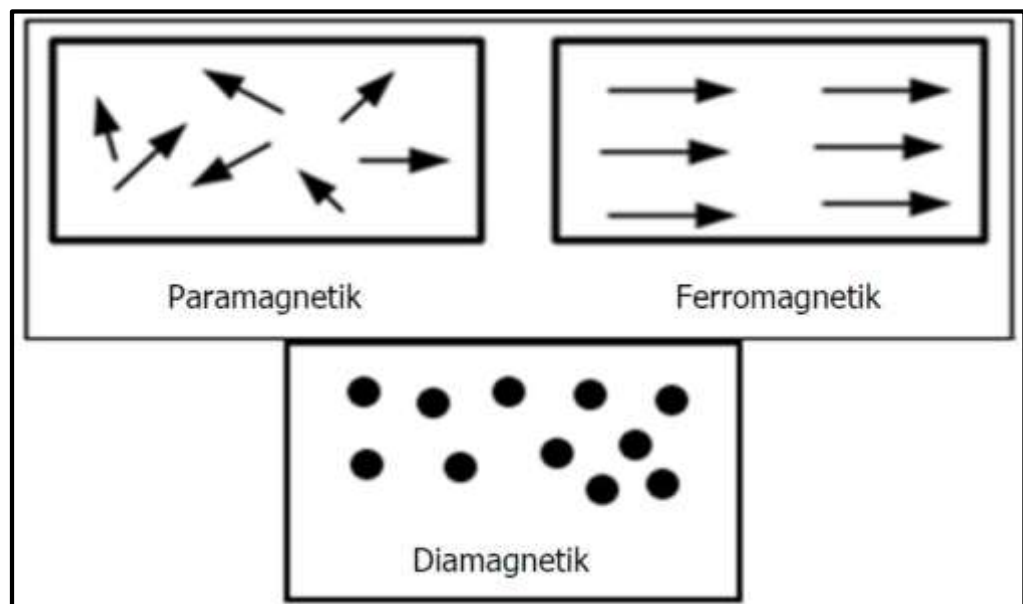
Diamagnetik adalah sifat mineral yang ditolak sepanjang garis gaya magnet atau tidak dapat ditarik oleh medan magnet. Diamagnetik bersifat seperti paramagnetik, hanya saja permeabilitasnya kurang dari satu.

2.2 Paramagnetik

Paramagnetik merupakan sifat mineral yang tertarik ketika terkena medan magnet tetapi tarikannya tidak terlalu kuat. Hal ini disebabkan karena sifat kemagnetannya dapat dengan mudah menyesuaikan keadaan magnet di sekitarnya.

2.3 Ferromagnetik

Ferromagnetik memiliki sifat yang hampir sama dengan paramagnetik tetapi ferromagnetik lebih kuat ditarik oleh medan magnet.



Gambar 2.4 Sifat Kemagnetan

Diamagnetik adalah salah satu sifat dari semua material. Sifat ini disebabkan oleh medan magnet luar dan gerakan elektron dalam mengorbit inti. Karena elektron membawa muatan, mereka akan melakukan gaya Lorentz pada saat bergerak melewati medan magnet. Contoh kasus mengenai ini adalah ketika elektron bergerak searah jarum jam dengan sebuah orbit lingkaran yang berpusat pada origin dan terletak di bidang xy dengan sebuah medan magnet luar yang diberikan pada arah $+x$. Untuk $\frac{1}{2}$ orbit ($x > 0$), gaya Lorentz akan sejajar dengan sumbu $-z$, dan untuk setengah yang lain ia akan sejajar dengan sumbu $+z$. Sebuah

torsi kemudian akan timbul sejajar dengan sumbu y menyebabkan orbit mempresisikan dirinya sepanjang arah medan. Hal ini disebut dengan *Larmor Precision* yang akan menimbulkan sebuah momen magnetik di arah yang berlawanan dengan medan magnet yang diberikan (Wills, et al., 2006).

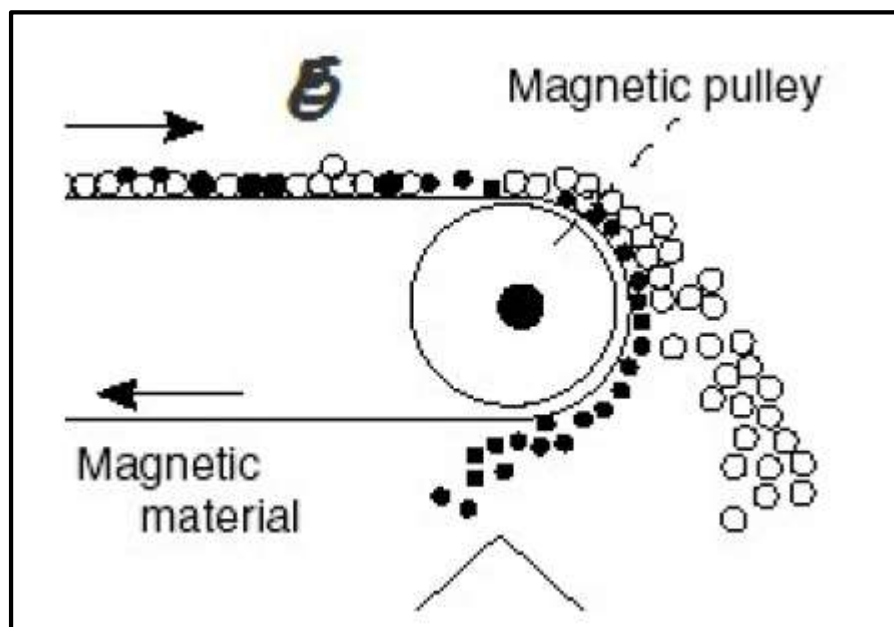
Pada bahan diamagnetik, efek ini sangat kecil sehingga hampir dapat diabaikan. Besarnya sekitar 100 kali lebih kecil dari bahan paramagnetik dan 1.000 kali lebih kecil dari feromagnetik. Quartz dan air merupakan contoh dari bahan diamagnetik. Sifat diamagnetik tak tergantung dari temperatur, sedangkan sifat paramagnetik dan feromagnetik berkurang secara drastis jika bahan yang mengandung sifat tersebut dipanaskan. Dalam konteks kemagnetan, bahan paramagnetik lebih penting dibandingkan dengan diamagnetik. Hal ini muncul dari gambaran bahwa elektron seolah-olah berputar (*spin*) di sekitar sumbunya sambil mengorbit inti atom. Hal ini menimbulkan sebuah spin magnetik sebagai tambahan dari momen orbital magnetiknya. Momen magnetik total pada sebuah atom diberikan oleh penjumlahan vektor dari momen-momen elektroniknya. Jika momen magnetik, spin dan orbital pada sebuah atom saling menghilangkan, maka atom tersebut mempunyai momen magnetik sebesar 0. Inilah yang disebut sifat diamagnetik. Jika penghilangannya hanya sebagian, maka atom akan mempunyai momen magnetik permanen. Inilah yang disebut dengan paramagnetik. Contoh dari bahan paramagnetik adalah biotit, pyrit, dan siderit (Wills, et al., 2006).

2.7 Separasi Magnetik

Magnetik separator adalah perangkat proses pemisahan satu mineral atau lebih dengan mineral lainnya yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan dari mineral-mineral tersebut. Magnetik separasi digunakan sebagai cara pemisahan/konsentrasi dari mineral-mineral/bijih berdasarkan sifat kemagnetan daripada mineral-mineral tersebut. Ketika mineral ditempatkan dalam medan magnet, ada tiga reaksi yang mungkin terjadi. Pertama, ada yang tertarik dengan medan magnet. Kedua, ada yang menjauhi oleh medan magnet serta ketiga, tidak ada reaksi nyata pada medan magnet. Mineral yang akan tertarik oleh medan magnet dikelompokkan sebagai mineral magnetik, sedangkan yang tidak tertarik oleh medan magnet dikelompokkan sebagai mineral non-magnetik. Mineral-

mineral yang masuk dalam kelompok mineral magnetik seperti magnetit, hematit, ilmenit, siderit, monazit. Sedangkan mineral-mineral yang dikelompokkan dalam mineral non-magnetik seperti kuarsa, mika, korundum, gipsum, zirkon, feldspar.

Pemisahan magnetik ini merupakan pemisahan secara fisik dari partikel yang berbeda berdasarkan gaya yang bekerja saling berlawanan. Faktor faktor yang mempengaruhi efisiensi pemisahan pada magnetik separator adalah gaya magnet yang dinotasikan dengan F_m (m: magnet), gaya grafitasi (F_g) (g: grafitasi), gaya drag (F_d) (d: drag), dan gaya sentrifugal (F_c) (c: sentrifugal). Gaya-gaya ini akan menentukan posisi dan perilaku partikel mineral dalam separator.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Magnetik Separator

Prinsip kerjanya adalah bila sekumpulan mineral (non-magnetik dan magnetik) dilewatkan dalam suatu medan magnet, maka mineral-mineral yang bersifat magnetik akan tertarik sedangkan yang non-magnetik tidak tertarik, sehingga pemisahan dapat dilakukan. Umpan dimasukkan satu kesatuan dan jatuh masuk ke dalam drum yang bergerak. Drum berputar disekitar magnet. Di bawah drum terdapat tiga wadah untuk menyeleksi sifat magnet mineral. Mineral non magnetik akan jatuh cepat meninggalkan drum dan masuk ke wadah khusus non magnetic dan mineral yang memiliki sifat magnet yang sangat kuat akan terus mengikuti gerak drum dan akan menarik magnet serta jatuh masuk ke wadah khusus

mineral yang bersifat magnet. Begitu pula mineral yang *middlings* akan masuk ke wadahnya (Mishra, et al., 2009)

2.8 Roasting

Roasting adalah pemanasan bijih logam di hadapan udara atau oksigen berlebih. Proses ini melibatkan reaksi gas padat. Tujuan dari proses ini adalah untuk memurnikan logam dari bijihnya. Bijih adalah jenis batuan yang mengandung mineral yang cukup dengan unsur-unsur penting termasuk logam. Dalam roasting, bijih dipanaskan di bawah titik lelehnya (Dennis, 1961). Reaksi yang terjadi selama proses pemanggangan dapat meliputi:

- 1) Oksidasi

Oksidasi terjadi pada proses roasting oksidasi. Di sini, pengotor yang diikat dengan logam diganti dengan oksigen. Seperti, belerang diganti dengan oksigen.

- 2) Reduksi

Reaksi reduksi sebagian dapat mengurangi bijih oksida sebelum proses peleburan (proses peleburan adalah proses dari logam yang diekstraksi dari bijinya dengan pemanasan dan peleburan).

- 3) Sulfasi

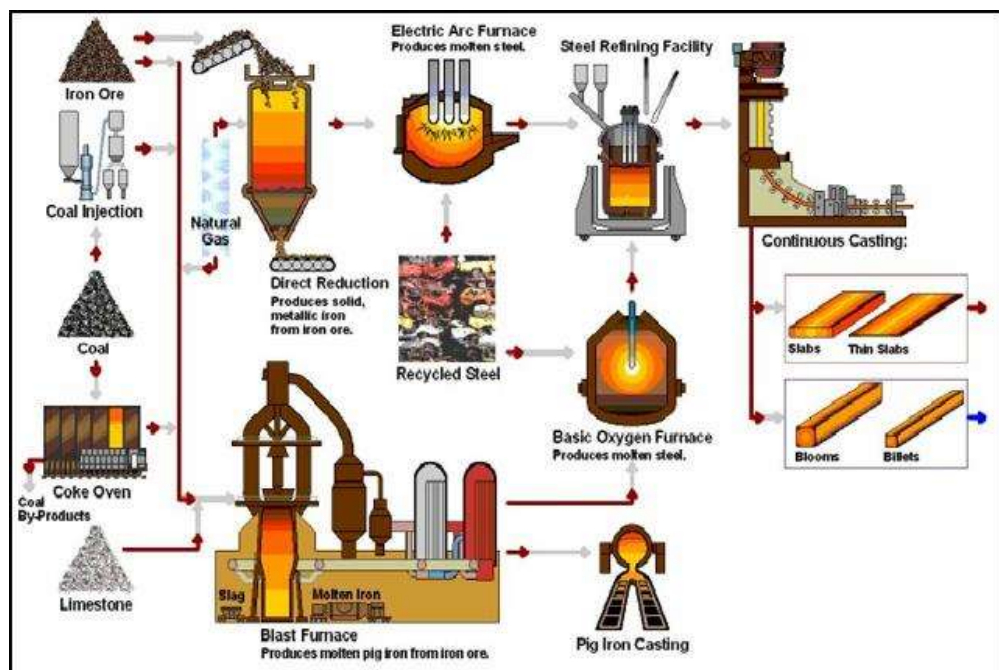
Reaksi sulfasi menyebabkan pembentukan logam sulfida karena reaksi antara sulfida dalam umpan (bijih) dan logam. Reaksi-reaksi ini terjadi di bawah suhu yang terkendali dan kondisi gas. Tetapi jika suhu dan kondisi gas dipertahankan, kita dapat memperoleh oksida logam dan logam sulfida dari umpan campuran sulfida (campuran sulfida dari berbagai logam. Contohnya seperti campuran besi sulfida dan tembaga sulfida). Proses ini dikenal sebagai “sulfasi selektif”.

- 4) Piro-hidrolisis

Pirohidrolisis adalah proses kimia yang terjadi di hadapan uap air (sekitar 300° C). Berguna dalam membentuk oksida logam dari logam klorida. Tetapi semua logam klorida tidak dapat menjalani pirolidrolisis jika

mereka tidak memiliki energi *Gibbs* negatif untuk penguraian dan volatilitas yang rendah.

Roasting atau disebut proses pemanggangan adalah proses perubahan sifat partikel dari yang bersifat magnetik lemah menjadi memiliki sifat magnetik tinggi menggunakan suhu kritis (500°C – 900°C) dengan menggunakan zat reduksi dan periode waktu. Padatan bijih akan bereaksi dengan udara pada suhu tinggi. Umumnya, reaksi yang dilakukan adalah oksidasi logam sulfida menjadi logam oksida dan sulfur dioksida.



Gambar 2.6 Proses Blast Furnace

Prinsip kerja dari tanur tiup adalah prinsip reduksi. Pada proses ini unsur karbon monoksida dapat menyerap unsur asam dari ikatan-ikatan besi unsur asam pada suhu tinggi. Pada pembakaran suhu tinggi + 1800°C dengan udara panas, maka dihasilkan suhu yang dapat menyelenggarakan reduksi tersebut. Agar tidak terjadi pembuntuan karena proses berlangsung maka diberi batu kapur sebagai bahan tambahan. Bahan tambahan bersifat asam apabila bijih besinya mempunyai sifat basa dan sebaliknya bahan tambahan diberikan yang bersifat basa apabila bijih besi bersifat asam. Gas yang terbentuk dalam dapur tinggi selanjutnya dialirkan keluar melalui bagian atas dan ke dalam pemanas udara. Terak yang

menetes ke bawah melindungi besi kasar dari oksida oleh udara panas yang dimasukkan, terak ini kemudian dipisahkan.

Prinsip kerja dari Blast Furnace adalah prinsip reduksi. Pada proses ini unsur karbon monoksida dapat menyerap unsur asam dari ikatan-ikatan besi unsur asam pada suhu tinggi. Pada pembakaran suhu tinggi $+1800^{\circ}\text{C}$ dengan udara panas, maka dihasilkan suhu yang dapat menyelenggarakan reduksi tersebut. Agar tidak terjadi pembuntuan karena proses berlangsung maka diberi batu kapur sebagai bahan tambahan. Bahan tambahan bersifat asam apabila bijih besinya mempunyai sifat basa dan sebaliknya bahan tambahan diberikan yang bersifat basa apabila bijih besi bersifat asam. Gas yang terbentuk dalam dapur tinggi selanjutnya dialirkan keluar melalui bagian atas dan ke dalam pemanas udara. Terak yang menetes ke bawah melindungi besi kasar dari oksida oleh udara panas yang dimasukkan, terak ini kemudian dipisahkan.

2.9 Metode Analisis

Penelitian laboratorium sangat mengoptimalkan tahapan dan metode yang digunakan dalam proses analisis. Hal tersebut menentukan efektivitas dan akurasi yang didapatkan dalam proses analisis. Beberapa metode analisis mineral yang digunakan yaitu analisis mikroskopis, X-ray fluorescence spectrometry (XRF), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

2.9.1 Analisis Mikroskopis

Pengamatan mineralgrafi merupakan proses yang dilakukan untuk mengenali jenis-jenis mineral dan hubungan mineral logam dengan cara mengamati tekstur dari mineral bijih. Pengamatan mineralgrafi dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop dan sayatan poles. Analisis mikroskopis berfungsi untuk mengetahui tentang jenis-jenis mineral, sifat-sifat fisik, cara terjadinya, cara terbentuknya dan juga kegunaannya. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui komposisi mineral dan dapat dilakukan dengan metode mikroskopis ini dengan menggunakan alat mikroskop dan hasilnya akan nampak mineral mineral yang menyusun dari Bijih Besi tersebut.

2.9.2 X-ray fluorescence spectrometry (XRF)

XRF (X-ray fluorescence spectrometry) merupakan teknik analisa destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair. XRF mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga Uranium pada level trace element, bahkan dibawah level ppm. Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X (Panalytical, 2009). Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi (Viklund, 2008).

2.9.3 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

XRD merupakan alat difraktometer yang menggunakan prinsip difraksi. Analisis XRD adalah metode yang sangat penting untuk mengkarakterisasi struktur kristal material. Teknik ini biasanya dapat digunakan untuk analisis parameter kisi kristal tunggal, atau tahap tersebut, tekstur atau bahkan stres analisis bahan polikristalin (seperti serbuk) (Loye, 2013). Metode Analisa destruktif yang didasarkan pada pengukuran radiasi sinar-x yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak antar bidang kristal (d) spesifik juga sehingga bidang kristal tersebut akan memantulkan radiasi sinar-X dengan sudut tertentu (Loye, 2013).