

**PENGARUH VARIASI REDUKTOR DAN *ADDITIVE* DALAM REDUKSI
SELEKTIF BIJIH MANGAN**

(Skripsi)

Oleh

**WINDI
1917041054**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI REDUKTOR DAN *ADDITIVE* DALAM REDUKSI SELEKTIF BIJIH MANGAN

Oleh

WINDI

Telah dilakukan reduksi selektif pada bijih mangan dengan menggunakan metode reduksi karbotermik, dimana tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi reduktor dan *additive* pada proses reduksi selektif bijih mangan terhadap kadar dan nilai *recovery* mangan setelah proses reduksi. Proses reduksi dilakukan dengan waktu tahan selama 1 jam dan pada suhu 1150 °C, serta penambahan variasi reduktor 1,5 % arang cangkang sawit, antrasit, grafit, dan variasi *additive* 10 % Na₂SO₄, K₂SO₄, MSG. setelah reduksi sampel kemudian dikarakterisasi dengan XRF, XRD, dan SEM-EDS, hasil reduksi menunjukkan bahwa Variasi jenis reduktor dan *additive* saat mereduksi sangat mempengaruhi peningkatan persentase mangan. Dari hasil penelitian reduktor terbaik diperoleh pada reduktor arang cangkang sawit dengan perolehan persentase kadar mangan sebesar 54,242 % dari yang semulanya sebesar 40,397 % dengan hasil peningkatan sebesar 13,845 %. Sedangkan *additive* terbaik diperoleh pada *additive* K₂SO₄ dengan perolehan persentase kadar mangan sebesar 52,767 % dari yang semulanya sebesar 42,476 % dengan hasil peningkatan sebesar 10,291 %.. Penggunaan variasi jenis reduktor dan *additive* mempengaruhi nilai *recovery* Mn pada hasil proses reduksi. *Recovery* mn paling tinggi didapat dengan jenis reduktor Arang Cangkang Sawit yaitu sebesar 98,851 %, sedangkan *Recovery* mn paling tinggi didapat dengan jenis *additive* K₂SO₄ yaitu sebesar 91,703 %.

Kata Kunci: bijih mangan, reduksi karbotermik, reduktor, *additive*, separasi magnetic, XRF, XRD, SEM-EDS.

ABSTRACT

EFFECT OF REDUCTANT AND ADDITIVE VARIATION IN REDUCTION MANGANESE ORE SELECTIVE

By

WINDI

Selective reduction of manganese ore has been carried out using the carbothermic reduction method, where the purpose of this study is to determine the effect of reductant and additive variations on the selective reduction process of manganese ore on manganese content and recovery value after the reduction process. The reduction process is carried out with a holding time of 1 hour and at a temperature of 1150 °C, as well as the addition of reductor variations of 1.5 % palm kernel shell charcoal, anthracite, graphite, and additive variations of 10 % Na₂SO₄, K₂SO₄, MSG. The reduction results are then characterized by XRF, XRD, and SEM-EDS. The reduction results showed that variations in the type of reductant and additives when reducing greatly affect the increase in the percentage of manganese. From the research results, the best reductor was obtained in the palm kernel shell charcoal reductor by obtaining a percentage of manganese content of 54.242 % from the original 40.397 % with an increase of 13.845 %. While the best additives are obtained in additives K₂SO₄ with the acquisition of a percentage of manganese content of 52.767 % from the original 42.476 % with an increase of 10.291 %. The use of variations in the type of reductant and additives affects the value of Mn recovery in the reduction process results. The highest Mn recovery was obtained with the type of Palm Kernel Shell Charcoal reductor, which amounted to 98.851%, while the highest Mn recovery was obtained with the type of additive K₂SO₄ which amounted to 91.703 %.

Keywords: manganese ore, carbothermic reduction, reductant, additive, magnetic separation, XRF, XRD, SEM-EDS.

**PENGARUH VARIASI REDUKTOR DAN *ADDITIVE* DALAM REDUKSI
SELEKTIF BIJIH MANGAN**

Oleh

WINDI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI REDUKTOR DAN
ADDITIVE DALAM REDUKSI SELEKTIF
BIJIH MANGAN**

Nama Mahasiswa : Windi

Nomor Induk Mahasiswa : 1917041054

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




1. Komisi Pembimbing


Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.
NIP. 196107231986031003


Anton Sapto Handoko, S.T., M.T.
NIP. 197902142003121005

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.

Sekretaris : Anton Sapto Handoko, S.T., M.T.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Syafriadi, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Skripsi : 09 Januari 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dibuat oleh orang lain dan atas sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Januari 2024



Windi
NPM. 1917041054

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Windi, dilahirkan pada tanggal 01 Juli 2001 di Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Bachder Erfanis dan Ibu Tiyurma. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 01 Biha pada tahun 2013, SMPN 02 Pesisir Selatan pada tahun 2016, dan SMAN 01 Pesisir Selatan pada tahun 2019. Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur penerimaan SBMPTN. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) Universitas Lampung sebagai Anggota Bidang Kaderisasi pada periode 2019-2020 dan juga sebagai Anggota bidang Sosial Masyarakat periode 2020-2021, serta sebagai anggota Dinas Isu dan Pergerakan BEM-FMIPA periode 2020-2021. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Fisika Dasar. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sucofindo Bandar Lampung, dengan judul “Metode Uji Verifikasi Antara Alat Ukur Suhu Laboratorium Di PT. Sucofindo Bandar Lampung”. Penulis juga melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2022 di Desa Negeri Agung, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus. Selanjutnya penulis melakukan penelitian pada bidang pengolahan mineral sebagai topik

skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Pengaruh Variasi Reduktor dan *Additive* Dalam Reduksi Selektif Bijih Mangan” yang dilakukan di Laboratorium Non Logam Balai Penelitian Teknologi Mineral (BPTM-BRIN), Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Lampung.

MOTTO

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

-Q.S Al-Baqarah: 286-

Ketahuiilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama
kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan.

-HR. Tirmidzi-

Berbuatlah kebaikan maka akan berbuah kebaikan

-Windi-

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya kecil ini dipersembahkan

kepada:

Mak Tercinta Yurma dan Wo Tersayang Wenda

“Semoga Allah SWT senantiasa mencurahkan rahmat dan kasih sayangnya kepada mak dan wo. Semoga mak dan wo selalu diberikan kesehatan, kesejahteraan, kemudahan, rizki yang berlimpah, dan kebahagiaan dunia hingga akhirat, serta dijauhkan dari segala penyakit dan marabahaya”.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Reduktor Dan Additive Dalam Reduksi Selektif Bijih Mangan**” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya agar lebih sempurna dan dapat memperkaya ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 20 Januari 2024

Windi
NPM. 1917041054

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Reduktor Dan Additive Dalam Reduksi Selektif Bijih Mangan**” Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku pembimbing pertama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
2. Bapak Anton Sapto Handoko, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua sekaligus pembimbing lapangan yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
3. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan selama penulisan skripsi.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan serta nasihat selama masa studi di Jurusan Fisika.

6. Beni Eris Saputra yang selalu memberi dukungan dan semangat.
7. Nur Annisa, Yuliyana, Vivi Savitri, Hilya Sofwatuz Zahra, Mela Retnosari sebagai sahabat tercinta sekaligus tim seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Fisika FMIPA universitas Lampung.
9. Para Peneliti dan Staf BPTM-BRIN Lampung.
10. Teman-teman Fisika 2019.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas dengan hal yang lebih baik, Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Januari 2024

Windi

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mangan.....	5
2.2 Struktur Mineral Bijih Mangan.....	7
2.2.1 <i>Pyrolusite</i> (MnO ₂).....	7
2.2.2 <i>Hematite</i> (Fe ₂ O ₃)	7

2.2.3 Quartz (SiO_2)	7
2.2.4 Manganese Oxide (MnO).....	7
2.2.5 Dimanganese Silicate (Mn_2SiO_4)	8
2.2.6 Fayalite Manganoan (FeMnSiO_4)	8
2.2.7 Kalsilite High (KAlSiO_4).....	8
2.2.8 Iron Sulfide (FeS).....	8
2.2.9 Iron Nickel Sulfide (FeNiS_2)	8
2.3 Pemanfaatan Bijih Mangan	8
2.4 Pengolahan Bijih Mangan	9
2.4.1 Pirometalurgi.....	10
2.4.2 Hidrometalurgi	10
2.5 Reduktor	11
2.5.1 Grafit	11
2.5.2 Arang Cangkang Sawit	12
2.5.3 Batubara Antrasit	12
2.6 Additive	13
2.6.1 Kalium Sulfat (K_2SO_4).....	14
2.6.2 Natrium Sulfat (Na_2SO_4).....	14
2.6.3 MonoSodium Glutamat (MSG).....	14
2.7 Alat Karakterisasi.....	15
2.7.1 X-Ray Diffraction (XRD).....	15
2.7.2 Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)	17
2.7.3 X-Ray Fluorescence (XRF).....	18

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1 Preparasi Sampel.....	23
3.3.2 Optimasi I.....	24
3.3.3 Optimasi II.....	24
3.4 Diagram Alir	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakterisasi Mangan	29
4.2 Hasil Karakterisasi Sampel Dengan X-Ray Fluoresense (XRF) Portabel	30

4.3 Pengaruh Variasi Reduktor Dan <i>Additive</i> Terhadap Kadar Mangan Pada Hasil Proses Reduksi.....	31
4.3.1 Pengaruh Variasi Reduktor	31
4.3.2 Pengaruh Variasi <i>Additive</i>	33
4.4 Pengaruh Variasi Reduktor Dan <i>Additive</i> Terhadap <i>Recovery</i> Mangan	36
4.5 Hasil Karakterisasi Sampel Dengan X-Ray Diffraction (XRD).....	37
4.6 Hasil Karakterisasi Sampel Dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM-EDS).....	43

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Bijih Mangan.	6
Gambar 2.2. Skema Alat XRD	15
Gambar 2.3. Difraksi Sinar-X.....	16
Gambar 2.4. Skema Alat SEM	17
Gambar 2.5. Skema Alat <i>X-ray Flourescence</i>	19
Gambar 2.6. Sinar-X Karakteristik.....	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Preparasi Sempel.	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Optimasi I.....	27
Gambar 3.3. Diagram Alir Optimasi II.....	28
Gambar 4.1. Pengaruh Variasi Reduktor Terhadap Kadar Unsur Mangan (Mn) Pada Sampel Hasil Reduksi.....	32
Gambar 4.2. Pengaruh Variasi <i>Additive</i> Terhadap Kadar Unsur Mangan (Mn) Pada Sampel Hasil Reduksi.....	33
Gambar 4.3. Difraktogram Sampel Mangan Hasil Reduksi Dengan Variasi Reduktor Dengan Pada Suhu 1150 °C.....	37
Gambar 4.4. Difraktogram Sampel Mangan Hasil Reduksi Dengan Variasi <i>Additive</i> Dengan Pada Suhu 1150 °C.....	40
Gambar 4.5. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 5000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Arang Cangkang Sawit.....	43
Gambar 4.6. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 1000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Antrasit.	44
Gambar 4.7. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 1000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Grafit.....	45

Gambar 4.8. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 1000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> Na ₂ SO ₄	47
Gambar 4.9. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 1000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> K ₂ SO ₄	48
Gambar 4.10. Morfologi Sampel Mangan Perbesaran 1000x Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> MSG	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Alat Penelitian.....	21
Tabel 3.2. Bahan Penelitian.....	22
Tabel 4.1. Hasil Karakterisasi Sampel Bubuk Mangan dengan XRF	30
Tabel 4.2. Hasil Karakterisasi Sampel Variasi Reduktor dan <i>Additive</i> Pada Suhu 1150 °C dengan XRF	31
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Nilai <i>Recovery</i> Sampel Variasi Reduktor.....	36
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Nilai <i>Recovery</i> Sampel Variasi <i>Additive</i>	36
Tabel 4.5. Identifikasi Fasa Pada Variasi Reduktor Hasil Reduksi.....	38
Tabel 4.6. Identifikasi Fasa Pada Variasi <i>Additive</i> Hasil Reduksi	40
Tabel 4.7. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Arang Cangkang Sawit.....	44
Tabel 4.8. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Antrasit	45
Tabel 4.9. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan Reduktor Grafit	46
Tabel 4.10. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> Na ₂ SO ₄	47
Tabel 4.11. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> K ₂ SO ₄	48
Tabel 4.12. Identifikasi Sampel Mangan Hasil Reduksi Pada Suhu 1150 °C Dengan <i>Additive</i> MSG	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangan termasuk kedalam unsur terbesar yang terkandung dalam kerak bumi dan memiliki beberapa aplikasi penting didalam dunia industri. Nyaris 90% mangan yang terdapat di dunia ini dipergunakan untuk industri besi serta baja (Olsen dkk., 2007). Mangan juga kerap digunakan dalam kehidupan tiap hari tidak hanya untuk besi, aluminium serta tembaga, tapi juga digunakan dalam pembuatan mangan dioksida (MnO_2), keramik ataupun senyawa bahan kimia, dan sebagai bahan depolarisator baterai (Zhang dan Cheng., 2007).

Badan Geologi menyatakan, sumber energi mangan yang tersebar di Indonesia sebanyak 10,62 juta ton berbentuk bijih serta 5,78 juta ton berbentuk logam. Sedangkan cadangan yang terdapat ialah 0,93 juta ton berbentuk bijih serta logam sebanyak 0,59 juta ton. Potensi bijih mangan terdapat di beberapa tempat di Indonesia yaitu Pulau Sumatera, Kepulauan Riau, Pulau Jawa, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua (ESDM., 2015). Sedangkan di dunia konsumsi untuk mangan setiap tahunnya diperkirakan terus meningkat karena didorong permintaan baja yang akan tumbuh lebih dari 2 % setiap tahunnya (Zhang, 2007).

Pengolahan bijih mangan sendiri terbagi menjadi dua bagian yaitu secara hidrometalurgi dan pirometalurgi. Bijih mangan dengan kandungan diatas 45 % atau disebut dengan *metallurgical grade* diolah sehingga menjadi logam ferromangan (Olsen dkk., 2007). Sebaliknya bijih mangan dengan kandungan dibawah 45 % digunakan sebagai produksi *non metalurgical grade*. Adapun dalam penelitian ini proses pengolahan bijih mangan dilakukan dengan cara pirometalurgi. Pirometalurgi sendiri yaitu proses pengambilan logam dari bijihnya menggunakan pemanasan suhu tinggi. Suhu yang digunakan berkisar 500 - 1600 °C. pada temperatur tersebut umumnya logam atau paduan logam akan mencair atau berubah menjadi fasa gas (Havlik, 2008). Hal ini membutuhkan bahan bakar hidrokarbon (batubara, minyak atau nafta) dan tenaga listrik yang besar (Baba dkk., 2014). Dalam pirometalurgi dilakukan dengan proses pelindihan reduksi bijih mangan oksida.

Bijih Mangan oksida dalam bentuk mineral pirolusit (MnO_2) bersifat stabil dalam kondisi asam, sehingga proses ekstraksi mangan dari mineral pirolusit dilakukan dengan teknologi pelindihan reduktif dalam kondisi asam, beberapa zat pereduksi telah digunakan sebelumnya dalam media asam seperti batubara, pirit, besi, sulfat, sulfur, dioksida, dan peroksida (Zhang dan Cheng., 2007). Hingga saat ini proses untuk mereduksi pirolusit kebanyakan masih menggunakan batubara dan kokas sebagai reduktornya, sehingga diperlukan cara untuk mengembangkan proses yang baru yang lebih ramah lingkungan.

Penggunaan biomassa sebagai reduktor dan bahan bakar baru yang digunakan dalam reduksi bijih mangan telah menarik banyak perhatian. Sebagai contohnya

penelitian tentang ekstraksi mangan juga pernah dilakukan oleh Wahyudi dkk (2013) yakni pada penelitiannya dilakukan proses ekstraksi Mangan dengan *leaching* asam sulfat menggunakan reduktor tandan kosong sawit pada kondisi temperatur 90 °C selama 120 menit dimana ekstraksi mangan berhasil dilakukan dengan proses *leaching* asam sulfat menggunakan reduktor tandan kosong sawit.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Budiyanto dkk (2021) yaitu ekstraksi limonit dengan metode dua tahap reduksi selektif dan *magnetic separation* dengan variasi waktu tahan dan suhu rendah, dimana reduktor yang digunakan yaitu grafit dan *additive* Na₂SO₄ didapatkan kandungan nikel yang cukup tinggi yaitu 5-6 % dengan ini maka dapat disimpulkan bahwa proses benefisiasi dengan metode tersebut sangat efektif dan optimal.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan penelitian ini dengan menggunakan bijih mangan dari Way Kanan, Lampung. Bijih mangan akan direduksi selektif dengan variasi reduktor yaitu arang cangkang sawit, antrasit dan grafit. Serta variasi *additive* yaitu natrium sulfat, kalium sulfat, dan MSG untuk mengetahui variasi reduktor dan *additive* apa yang dapat meningkatkan kadar mangan paling efektif. reduksi selektif dipilih sebab proses kenaikan kandungan mangan jauh lebih mudah serta lebih cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh variasi reduktor dan *additive* pada proses reduksi selektif bijih mangan terhadap kadar mangan (Mn) dan nilai pemulihan (*recovery*) mangan setelah proses reduksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mengetahui pengaruh variasi reduktor dan *additive* pada proses reduksi selektif bijih mangan terhadap kadar dan nilai *recovery* mangan setelah proses reduksi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bijih Mangan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Way Kanan.
2. Adapun variasi reduktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu arang cangkang sawit, batubara antrasit, dan grafit dengan perbandingan antara mangan dan reduktor 50:10 gram.
3. Adapun variasi *additive* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Na_2SO_4 , K_2SO_4 , dan MSG dengan perbandingan antara mangan dan reduktor 50:10 gram.
4. Waktu pemanasan dengan *furnace* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1150 °C selama 1 jam.
5. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDS).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai variasi reduktor dan *additive* yang optimal untuk meningkatkan kadar dan *recovery* mangan pada proses reduksi selektif bijih mangan yang berasal dari Way Kanan Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangan

Mangan (Mn) merupakan unsur alami yang ditemukan di batu, tanah dan air. Kerak batuan adalah sumber utama mangan yang ditemukan di atmosfer. Logam mangan tidak mudah dijumpai, karena logam ini biasanya tidak digunakan dalam keadaan murni melainkan sebagai campurannya. Mangan bersifat metalik dengan titik leleh kira-kira 1244 °C dan titik didih 1962 °C. Dalam keadaan murni, logam mangan berwarna putih seperti perak, sangat keras, tetapi mudah patah. Mangan mudah teroksidasi oleh udara, bereaksi lambat dengan air, dan membentuk berbagai macam senyawa dengan tingkat oksidasi yang paling bervariasi yaitu dari +2 hingga +7 (Sugiyarto dan Retno., 2010). **Gambar 2.1.** dibawah ini bijih mangan.



Gambar 2.1. Bijih Mangan.

Endapan biji mangan dapat terbentuk dengan berbagai cara yaitu karena proses hidrothermal yang dijumpai dalam bentuk vein, metamorfik, sedimenter ataupun residu. Endapan mangan sedimenter merupakan endapan bijih mangan yang banyak dijumpai dan mempunyai nilai ekonomis. Dikenal empat jenis mineral bijih yang mengandung mangan yaitu:

1. *Pyrolusite*: masa kristalin kompak, keras (nilai kekerasan 5 - 6), berwarna abu-abu kehitaman. Di bawah mikroskop bijih *pyrolusite* mudah dibedakan dengan mineral mangan lainnya, dan warnanya yang putih kekuningan, cemerlang. Selain sebagai kumpulan kristal yang relatif kasar, pirolusit juga terdapat sebagai kristal berbentuk jarum yang halus.
2. *Hollandite (Ramsdellit)*: sama dengan *pyrolusite*, *hollandite* juga dalam massa kristalin berbutir kasar. Dibawah mikroskop bijih kedua jenis logam tersebut memiliki warna yang sama yaitu putih kekuningan, perbedaannya *pyrolusite* lebih cemerlang dibanding *hollandite*. Disamping itu *hollandite* relatif lebih lunak dibanding pirolusit.
3. *Kriptomelan*: di bawah mikroskop biji mineral ini terdapat dalam bermacam - macam bentuk antara lain sebagai urat-urat kecil atau massa berserabut, kristal seperti jarum berwarna abu - abu kebiruan atau lapisan koloidal konsentris berselang - seling dengan lapisan yang berbeda warna, struktur bunga es dan massa berbentuk.
4. *Psilomelan*: merupakan massa masif keras berwarna hitam. Di bawah mikroskop biji *psilomelan* sulit dibedakan dengan *kriptomelan*. Baik bentuk maupun warnanya hampir sama. Sedikit perbedaan ialah sifat anisotropi di

mana *psilomelan* lebih lemah dibanding *kriptomelan* (Sukandarrumidi., 2018).

2.2 Struktur Mineral Bijih Mangan

Mineral mangan banyak tersebar dalam bentuk: silikat, oksida, karbonat ialah senyawa yang paling umum ditemukan, yang bersamaan dengan unsur lainnya dengan kandungan yang lebih sedikit (Kumar dkk., 2010). Mangan ialah senyawa oksida yang didalamnya terdapat berbagai jenis-jenis mineral seperti *pyrolusite*, *manganite*, *bixbyite*, *psilomelane*, *hausmannite*, *hematite*, *rhodokrosite*, *rhodonite* dan lainnya (Sukandarumidi., 2009).

2.2.1 *Pyrolusite* (MnO_2)

Pyrolusite berbentuk Kristal tetragonal, sifat umumnya yaitu sistem Kristal tetragonal dengan dimensi sel $a = b = 4,39 \text{ \AA}$ dan $c = 2,86 \text{ \AA}$ dengan kekerasan 5-6 skala mosh dan berat jenisnya $4,7\text{-}4,8 \text{ g/cm}^3$ (Hurlbut., 1972).

2.2.2 *Hematite* (Fe_3O_3)

Hematite memiliki struktur Kristal heksagonal dengan kekerasan 5,5-6,5 skala mosh dan berat jenisnya $5,26 \text{ g/cm}^3$ (Cornell dan Schwertmann., 2003).

2.2.3 *Quartz* (SiO_2)

Quartz berbentuk Kristal heksagonal yang berasal dari silika trigonal terkristalisasi (SiO_2), memiliki dimensi sel $a = b = 4,9210 \text{ \AA}$, $c = 5,1460 \text{ \AA}$.

2.2.4 *Manganese Oxide* (MnO)

Manganese Oxide memiliki bentuk Kristal tetragonal dengan dimensi sel $a = b = 2,786 \text{ \AA}$ dan $c = 4,412 \text{ \AA}$.

2.2.5 Dimanganese Silicate (Mn_2SiO_4)

Dimanganese Silicate atau *tephroite* memiliki bentuk kristal yaitu ortorombik dengan kekerasan 6 skala mosh dan berat jenis $3,87\text{-}4,12 \text{ g/cm}^3$, serta dimensi sel $a = 4,88 \text{ \AA}$, $b = 10,61 \text{ \AA}$ dan $c = 6,24 \text{ \AA}$.

2.2.6 Fayalite Manganoan (FeMnSiO_4)

Fayalite Manganoan memiliki bentuk kristal yaitu ortorombik, dengan berat jenis $4,39 \text{ g/cm}^3$ dan kekerasan $6,5\text{-}7,0$ skala mosh, dengan dimensi sel $a = 4,826 \text{ \AA}$, $b = 10,500 \text{ \AA}$, $c = 6.102 \text{ \AA}$.

2.2.7 Kalsilite High (KAlSiO_4)

Kalsilite memiliki bentuk kristal heksagonal dengan berat jenis $2,59\text{-}2,62 \text{ g/cm}^3$ dan kekerasan 6 skala mosh, serta dimensi sel $a = 5,157 \text{ \AA}$, $c = 8,706 \text{ \AA}$.

2.2.8 Iron Sulfide (FeS)

Iron sulfide ialah anggota terakhir dengan zat besi terbanyak dari kelompok *pirotit* yang memiliki bentuk kristal heksagonal yang umumnya ditemukan dibatuan dengan kekerasan $3,5\text{-}4,0$ skala mosh dan berat jenis $4,67\text{-}4,79 \text{ g/cm}^3$.

2.2.9 Iron Nickel Sulfide (FeNiS_2)

Iron nickel sulfide memiliki bentuk kristal eksagonal dengan kekerasan $3,5\text{-}4,0$ skala mosh dan berat jenis $4,6\text{-}5,0 \text{ g/cm}^3$.

2.3 Pemanfaatan Mangan

Saat ini 90% produksi mangan masih didominasi industri baja serta umumnya digunakan kombinasi besi mangan, yakni feromangan. Berikut beberapa pemanfaatan bijih mangan:

1. Mangan dioksida (*pyrolusite*) digunakan sebagai depolariser pada sel kering baterai, pencelupan tekstil, katalis, reagen laboratorium, sumber logam

mangan serta sebagai penghilang warna hijau pada gelas yang diakibatkan oleh pengotor besi (Hawleys., 2001).

2. Mangan bisa memberi warna lembayung pada kaca. Dioksidanya bermanfaat untuk pembuatan oksigen serta khlorin, dalam pengeringan cat hitam. Senyawa permanganat merupakan oksidator yang kuat serta digunakan dalam analisis kuantitatif serta dalam pengobatan.
3. Mangan banyak digunakan sebagai bahan tambahan pada vitamin B1 yang sangat berguna bagi tubuh manusia.
4. Pada penciptaan baja, mangan berperan pada pemurnian besi melalui reaksi dengan belerang serta oksigen, membentuk kerak. kegunaan lain yakni untuk meningkatkan kualitas tempaan baik dari segi kekuatan, kekerasan serta kemampuan pengerasan. Baja memiliki mangan dengan proporsi yang besar, sangat keras serta tahan lama, digunakan pada kereta api serta mesin- mesin buldoser (Keenan dkk., 1992).
5. Mangan juga digunakan pada penciptaan baterai kering, keramik, gelas serta kimia. Mangan sangat berarti untuk produksi besi serta baja. Mangan merupakan komponen kunci dari bayaran rendah pada formulasi baja stainless yang digunakan secara luas.

2.4 Pengolahan Bijih Mangan

Pengolahan bijih mangan dibagi menjadi dua bagian yaitu secara pirometalurgi dan hidrometalurgi. Bijih mangan dengan kadar di atas 44 % atau biasa disebut dengan *metallurgical grade* diolah hingga menjadi logam ferromangan. Sedangkan bijih mangan dengan kadar di bawah 44 % digunakan untuk produksi non *metalurgical grade* senyawa kimia seperti kalium permanganat, MnO_2 dan

lain-lain (Zang dan Cheng., 2007). Hidrometalurgi merupakan cara pengolahan logam dari batuan atau bijihnya dengan menggunakan pelarut cair Sedangkan pirometalurgi atau smelting merupakan cara mengolah dan memurnikan logam pada suhu tinggi (Kyle., 2010). Perbedaan

2.4.1 Pirometalurgi

Pirometalurgi ialah proses ekstraksi logam yang memakai tenaga panas dengan temperatur yang tinggi dan sebagian besar berlangsung sampai terjadi peleburan. Sifat dari proses pirometalurgi ini berlangsung cepat (jam), berbeda dengan proses hidrometalurgi yang berlangsung lambat (berlangsung antara hari sampai bulan) (Zhang dkk., 2013).

Proses pirometalurgi memakai temperatur tinggi dalam mengekstraksi mangan. Pada pirometalurgi, bijih dilewatkan melalui proses tertentu pada temperatur tinggi, pengeringan, kalsinasi, pemanggangan, peleburan serta mengkonversi. Proses pirometalurgi biasanya menghasilkan logam ferromangan. Proses ini membutuhkan tenaga yang intensif sebab seluruh kandungan air dalam bijih dihilangkan, dikalsinasi, serta setelah itu meleleh membentuk slag yang cocok pada temperatur sekitar 1600 °C. Hal ini memerlukan bahan bakar hidrokarbon (batubara, minyak ataupun nafta) serta tenaga listrik yang besar (Baba dkk., 2014).

2.4.2 Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan pengolahan logam dari mineral yang memakai pelarut asam serta reduktor tertentu. Secara harfiah hidrometalurgi bisa dimaksud sebagai metode pengolahan logam dari batuan ataupun bijihnya dengan memakai pelarut berair (*aqueous solution*) ataupun proses hidrometalurgi merupakan suatu proses

pemakaian zat kimia agar dapat melarutkan suatu partikel tertentu (Havlik., 2008). Proses hidrometalurgi dipecah kedalam dua proses yaitu melarutkan mineral yang akan dipisahkan dari biji/batuan dengan proses pelindian, serta mengeluarkannya dari larutan lewat proses *recovery*. Pada proses pelindian bisa dicoba perlakuan tambahan semacam penyaringan dengan tujuan memisahkan *pregnant solution* dengan residu (Handaru dan Mudaryoto., 2008).

2.5 Reduktor

Reduktor merupakan bahan yang digunakan sebagai bahan reduksi oksida logam yang menjadi logam murni. Reduktor ialah zat yang dapat mereduksi senyawa lain. Bahan ini banyak mengandung unsur karbon (C), dengan material yang umumnya adalah kokas serta batubara (Supriyatna dkk., 2019). Beberapa jenis reduktor yaitu batubara, grafit, arang kayu, serta arang cangkang sawit. Pada penelitian ini reduktor yang digunakan merupakan grafit, arang cangkang sawit, serta antrasit batubara.

2.5.1 Grafit

Grafit adalah sumber karbon yang berperan sebagai reduktor yang mereduksi oksida logam menjadi logam murni. Grafit mempunyai ciri - ciri menarik yaitu lapisan atom karbonnya sangat teratur dan nyaris sempurna (Supriyatna dkk., 2019). Pada reduktor kokas, grafit digunakan pada industri baja. Grafit bisa dioksidasi menjadi grafit oksida.

Setelah proses oksidasi, grafit yang berupa flake kecil serta tajam berubah menjadi grafit oksida yang mempunyai bentuk semacam lembaran kain. Grafit oksida berganti jadi *graphene* (faktor karbon) setelah mengalami proses reduksi

dengan morfologi berbentuk lembaran yang lebih tipis dari grafit oksida (Suwandana dan Astuti., 2015).

2.5.2 Arang Cangkang Sawit

Cangkang kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai arang aktif. Karbon/arang aktif merupakan arang yang diaktifkan dengan metode perendaman dalam bahan kimia seperti H_3PO_4 , $ZnCl_2$, HCl , H_2SO_4 , $CaCl_2$, H_2S , dan lainnya. Arang aktif tidak hanya mengandung karbon yang terikat secara kimiawi, tetapi juga mengandung hidrogen serta oksigen. Kedua unsur tersebut berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya karbonisasi ataupun bisa juga terjadi ikatan pada proses aktivasi. Terdapatnya hidrogen serta oksigen memiliki pengaruh yang besar pada sifat- sifat karbon aktif (Rahmawati, 2006).

Cangkang sawit termasuk dalam bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi serta mempunyai massa jenis lebih besar dari pada massa jenis kayu sebesar 1,4 g/ml. Dimana semakin besar massa jenis bahan baku, maka energi serap arang aktif yang dihasilkan terus menjadi besar sehingga baik untuk dijadikan arang aktif (Nurmala dan Hartoyo., 1990). Baru- baru ini, pemakaian biomassa sebagai reduktor serta bahan bakar dalam proses reduksi bijih mangan sudah menarik banyak perhatian. Cangkang sawit bisa dikonversi menjadi arang cangkang sawit yang bisa berperan sebagai reduktor seperti batubara dan kokas.

2.5.3 Batubara Antrasit

Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil dan umumnya merupakan batuan sedimen yang bisa dibakar, yang tercipta dari endapan organik, serta merupakan sisa- sisa tumbuhan yang tercipta lewat proses pembatubaraan. Unsur- unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen serta oksigen. Batubara juga

merupakan batuan organik yang mempunyai sifat-sifat fisika serta kimia yang kompleks yang bisa ditemui dalam berbagai bentuk. Bersumber pada tingkatan proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas serta waktu, batubara biasanya dibagi dalam 5 kelas, yaitu: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut (Supriyatna dkk., 2012).

Antrasit merupakan kelas batubara paling tinggi, yang memiliki warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, memiliki kandungan antara 86 % - 98 % unsur karbon (C) dengan kandungan air kurang dari 8 % (Supriyatna dkk., 2012). Antrasit merupakan jenis batubara yang sangat diminati sebab memiliki lebih banyak energi daripada jenis lainnya serta sangat ramah lingkungan dikarenakan kemurniannya. Antrasit memiliki kandungan yang lebih banyak *fixed carbon* daripada jenis batubara yang lain (Gong dan Zhang., 2017).

2.6 Additive

Additive atau zat aditif merupakan zat yang biasanya ditambahkan pada proses pengolahan bijih mangan yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi yang terjadi pada proses reduksi bijih mangan. Beberapa penelitian terkait penggunaan *additive* dalam proses reduksi selektif untuk meningkatkan keefektifan dan efisiensi dari proses reduksi selektif, diantaranya meningkatkan kadar dan perolehan mangan dalam konsentrat (Peacey dkk., 2009). Penambahan *additive* ini dilakukan sebelum terjadinya proses reduksi, tepatnya pada saat pencampuran bahan. Pada penelitian ini digunakan bahan *additive* diantaranya yaitu Na_2SO_4 , K_2SO_4 , dan MSG.

2.6.1 Kalium Sulfat (K_2SO_4)

Kalium sulfat (K_2SO_4), juga dikenal sebagai garam abu sulphur ialah senyawa kimia yang terdiri dari ion kalium dan ion sulfat, sangat mudah larut dalam air, memiliki bentuk Kristal berwarna putih dan berbentuk bubuk. Kristalnya biasanya bersifat higroskopis, artinya dapat menyerap kelembapan dari udara. Kalium sulfat dapat dihasilkan dengan mereaksikan asam sulfat (H_2SO_4) dengan bahan baku kalium, seperti kalium klorida (KCl) atau kalium karbonat (K_2CO_3) (Patnaik., 2002).

2.6.2 Natrium sulfat (Na_2SO_4)

Natrium sulfat adalah senyawa dengan rumus kimia Na_2SO_4 yang merupakan garam natrium dari asam sulfat, berbentuk kristal padat berwarna putih yang sangat mudah larut dalam air, dengan titik lebur sekitar 884 °C. Produksi tahunannya mencapai 6 juta ton pertahun (Plessen., 2000).

Natrium sulfat memiliki karakteristik kelarutan yang tinggi dalam air, bersifat netral, dan dapat menyerap kelembapan, juga sebagai bahan dasar dalam berbagai reaksi kimia. Hal ini menjadikan natrium sulfat sebagai bahan yang penting dalam berbagai industri (Linke dan Seidell., 1965).

2.6.3 Monosodium Glutamat (MSG)

Mononatrium Glutamat, Monosodium Glutamat (MSG), atau Natrium/Sodium Glutamat merupakan garam natrium dari asam glutamat yang merupakan salah satu asam amino non-esensial paling berlimpah yang terbentuk secara alami Nama informal dari senyawa ini adalah micin (Ninomiya., 1998).

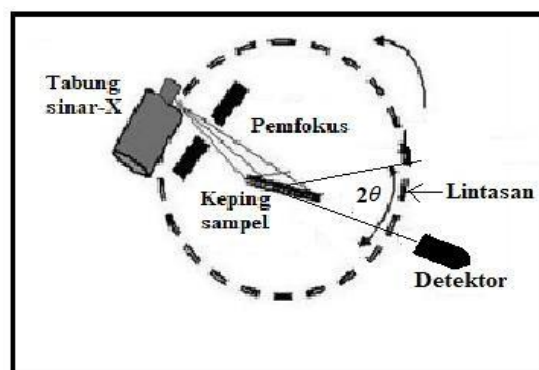
Wujudnya adalah serbuk kristal berwarna putih dan tidak berbau yang dalam larutan terdisosiasi menjadi glutamat dan natrium. Bahan ini sangat mudah larut dalam air, tetapi tidak bersifat higroskopis. Secara umum, MSG stabil dalam kondisi pemrosesan makanan biasa (Win., 1995).

2.7 Alat Karakterisasi

Adapun pada penelitian ini dilakukan tiga jenis alat karakterisasi yaitu: *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDS).

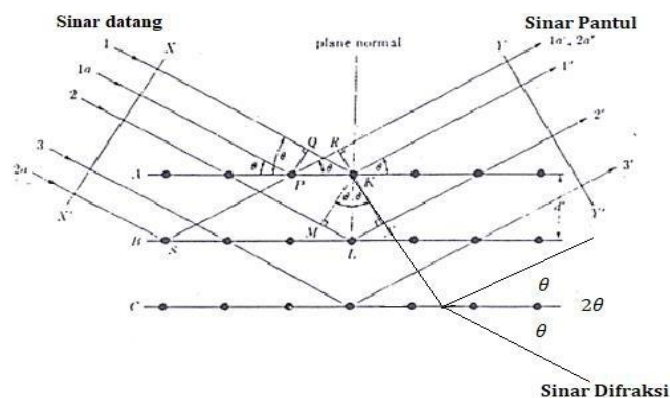
2.7.1 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction merupakan alat karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui struktur, ukuran kristal, dan fasa dari suatu bahan. Karakterisasi XRD memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Sinar-X termasuk ke dalam radiasi elektromagnetik yang sama seperti cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Sinar-X yang digunakan dalam difraksi memiliki panjang gelombang berkisar antara 0,5 sampai dengan 2,5 Å (Cullity dan stock., 2014).



Gambar 2.2. Skema Alat XRD

Adapun skema alat XRD dapat dilihat pada **Gambar 2.2.** diatas. Sinar-X ditembakkan menuju arah sampel, yang kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah, lalu detektor bergerak dengan kecepatan konstan ke sepanjang lintasannya untuk merekam pola dari difraksi sinar-X. Prinsip kerja XRD berdasarkan pada hukum Bragg, dimana jika seberkas sinar-X dengan panjang gelombang tertentu diarahkan pada permukaan kristal, maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang kristal. Sinar yang sefase akan saling menguatkan dan yang tidak sefase akan saling meniadakan atau melemahkan. Berkas sinar sefase tersebut yang menghasilkan puncak difraksi. Besar sudut difraksi tergantung pada panjang gelombang berkas sinar-X dan jarak antar bidang penghamburan (Meirawaty dkk., 2022).



Gambar 2.3. Difraksi Sinar-X

Adapun hukum Bragg, yaitu:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.1)$$

Dimana :

λ : panjang gelombang sinar-X

d : adalah jarak antar kisi kristal

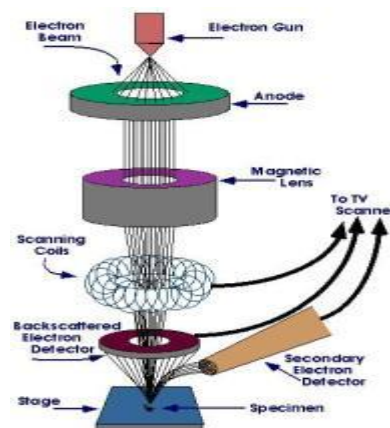
θ : sudut datang sinar

n : 1, 2, 3, dst adalah orde difraksi.

Berdasarkan dari persamaan Bragg diatas, apabila seberkas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal tersebut akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sebesar jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan ditangkap oleh detektor yang kemudian disebut sebagai sebuah puncak difraksi.

2.7.2 Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)

Scanning Electron Microscope (SEM-EDS) adalah Metode yang menggunakan instrumen mikroskop elektron untuk mendapatkan gambar fisik kristal. Mikroskop elektron ini memancarkan elektron ke bagian tertentu permukaan kristal, hasil interaksi antara elektron dengan atom kristal akan menghasilkan sinyal yang merefleksikan kondisi morfologi topografi permukaan kristal berikut dengan komposisi kimianya. SEM-EDS adalah metode yang berfokus untuk mengamati bentuk fisik kristal (morfologi, tekstur, struktur kristal dll) dengan menembakkan elektron intensitas tinggi dan membaca pantulan *backscatter* kristal sebagai respon terhadap pancaran elektron tersebut (Meirawaty dkk., 2022). Adapun skema alat SEM ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.

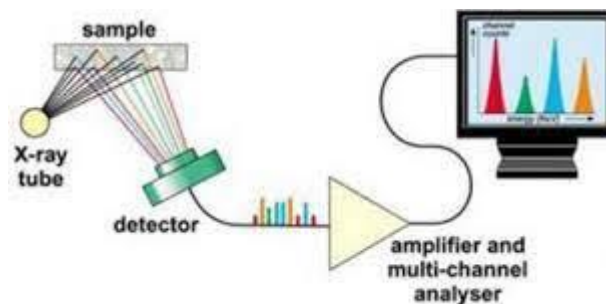


Gambar 2.4. Skema Alat SEM

Dari **Gambar 2.4.** diketahui sinar elektron (*electron beam*) yang dihasilkan berasal dari tembakan *electron gun*, yang memiliki sifat monokromatik, dimana pancaran dari elektron tersebut melewati *condensing lenses* lalu diteruskan ke anoda. Pada tahap ini, elektron diarahkan menuju titik fokus. Anoda berfungsi membatasi pancaran elektron yang memiliki sudut hambur yang terlalu besar. Berkas elektron yang telah melewati anoda diteruskan menuju lensa magnetik, *scanning coils*, dan akhirnya menembak sampel (Setiani dkk, 2013). Berkas elektron tersebut kemudian difokuskan oleh lensa magnetik sebelum sampai pada permukaan sampel. Lensa magnetik memiliki lensa kondenser yang berfungsi memfokuskan sinar elektron. Berkas elektron kemudian menghasilkan *Backscattered Electron* (BSE) dan *Secondary Electron* (SE) menuju sampel, dimana SE akan terhubung dengan *amplifier* yang kemudian dihasilkan gambar pada monitor.

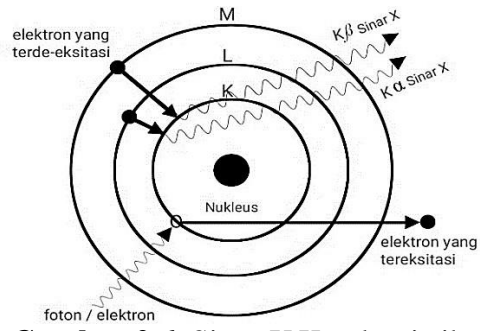
2.7.3 X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan alat yang juga memanfaatkan emisi elektron dari sinar-X untuk mengidentifikasi jenis mineral berdasarkan struktur dan komposisi kimianya seperti XRD. Perbedaannya yaitu jika XRD bekerja berdasarkan difraksi sinar-X yang dihamburkan oleh kristal, maka XRF bekerja dengan menganalisis efek *fluorescence* dari sinar-X yang diserap oleh material objek. Objek yang dianalisis umumnya berupa material anorganik yang dipreparasi dalam bentuk padatan bubuk, ataupun sampel cair (Meirawaty dkk., 2022). Adapun cara kerja alat *X-ray fluorescence* ditunjukkan pada **Gambar 2.5.**



Gambar 2.5. Skema Alat *X-ray Fluorescence*

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik yang ditunjukkan pada **Gambar 2.6**. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X) dari energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron, dapat diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar (Budyanto dkk., 2021). Ketika proses perpindahan elektron, energi dibebaskan saat perpindahan elektron dari kulit yang memiliki energi yang lebih tinggi ke kulit yang lebih rendah. Setiap material mengeluarkan emisi yang mempunyai karakter khusus. Perbedaan energi ikatan antar kulit yang saling berhubungan memberikan karakteristik dari *X-ray* kemudian dihasilkanlah *X-ray fluorescence* dari proses ini. Pada intensitas yang berbeda, ketika penyinaran ke material akan menghasilkan puncak ganda karena adanya $K\alpha$ dan $K\beta$. $K\alpha$ dihasilkan dari transisi elektron dari kulit L ke kulit K dan $K\beta$ dihasilkan dari transisi elektron dari kulit M menuju kulit K (Sumantry, 2002).



Gambar 2.6. Sinar-X Karakteristik

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 25 Juni 2023 sampai dengan 25 Agustus 2023 yang berlokasi di Laboratorium Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN yang berada di Jl. Ir. Sutami Km. 15, Tanjung Bintang, Sindang Sari, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada Penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1.** dan **Tabel 3.2.**

Tabel 3.1. Alat Penelitian.

No	Alat	Fungsi
1	<i>Ball Mill</i>	penggerus bijih mangan
2	<i>Mesh</i> 100 dan 200	Pemisah ukuran partikel
3	Kuas	Pemisah pada proses pengayakan
4	Plastik Sampel	Wadah disimpannya sampel
5	Ember	Wadah sampel dari hasil <i>ball mill</i>
6	Neraca Digital	Penimbang sampel penelitian
7	Oven	Pemanasan dan pengeringan sampel
8	<i>Furnace</i>	Pemanasan sampel pada suhu tinggi
9	Mortar dan Alu	penghalus sampel manual
10	<i>Shaker Mill</i>	Penghalus sampel
11	Piring	Wadah menaruh sampel

12	Botol Semprot	pemisah magnet yang tertempel pada stik magnet
13	Gelas ukur 500 ml	Wadah pada proses magnetisasi
14	Labu ukur 500 ml	Wadah pemisah sampel dari air
15	Corong	wadah menaruh kertas saring
16	Kertas Saring	Pemisah sampel dari air
17	Stik Magnetik	Pemisah kandungan magnet yang terdapat pada sampel
18	<i>Bottle Roller</i>	Pengaduk sampel yang dicampur pada botol
21	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	Pengidentifikasi struktur Kristal dalam suatu sampel
22	<i>X-Ray Fluorescence (XRF) Portable</i>	Pengidentifikasi jenis mineral berdasarkan struktur dan komposisi kimianya
23	<i>Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)</i>	Pengidentifikasi morfologi sampel

Tabel 3.2. Bahan Penelitian.

No	Bahan	Fungsi
1	Bijih Mangan	Sebagai bahan utama yang akan digunakan pada penelitian
2	Arang Cangkang Sawit	Sebagai reduktor
3	Batubara Antrasit	Sebagai reduktor
4	Grafit	Sebagai reduktor
5	Na ₂ SO ₄	Sebagai zat <i>additive</i>
6	K ₂ SO ₄	Sebagai zat <i>additive</i>
7	MSG	Sebagai zat <i>additive</i>
8	Air	Bahan pada proses peletisasi dan magnetisasi

3.3 Prosedur Penelitian

Proses yang akan dilakukan adalah Preparasi Sampel, Optimasi I dan Optimasi II. Adapun prosedur penelitian ini sebagai berikut.

3.3.1 Preparasi Sampel

Prosedur yang dilakukan yaitu mempersiapkan bahan, alat, dan pencampuran bahan.

1. Bijih mangan dihaluskan dengan *ball mill* selama 3 jam,
2. Kemudian diayak dengan *mesh* berukuran 100, yang hasilnya diayak kembali dengan *mesh* 200, dan bubuk yang akan digunakan sebanyak 300 gram, dibagi kedalam 6 kantong sampel sebanyak 50 gram.
3. Bahan reduktor yaitu, arang cangkang sawit, antrasit, dan grafit masing-masing disiapkan sebanyak 1,5 % (0,75 gram), dan *additive* Na_2SO_4 , K_2SO_4 , MSG masing-masing sebanyak 10 % (5 gram).
4. Disiapkan alat untuk separasi magnetik, seperti 4 labu ukur dan 4 gelas ukur berukuran 500 ml, 4 corong dan 4 kertas saring, dan 1 stik magnetik.
5. Reduktor arang cangkang sawit 0,75 gram, Na_2SO_4 5 gram, serbuk mangan 50 gram dimasukkan ke dalam botol yang diaduk menggunakan *bottle roller* dengan kecepatan 160 rpm.
6. Reduktor antrasit 0,75 gram, Na_2SO_4 5 gram, serbuk mangan 50 gram dimasukkan ke dalam botol yang kemudian diaduk menggunakan *bottle roller* dengan kecepatan 160 rpm.
7. Kemudian reduktor grafit 0,75 gram, Na_2SO_4 5 gram, serbuk mangan 50 gram dimasukkan ke dalam botol yang kemudian diaduk menggunakan *bottle roller* dengan kecepatan 160 rpm.

3.3.2 Optimasi I

Prosedur pada optimasi I meliputi

1. Bahan yang telah dicampur yaitu Bubuk bijih mangan, reduktor, *additive* dan air dibentuk menjadi bola-bola kecil seperti pelet.
2. Dihilangkan kadar airnya dengan menggunakan Oven pada suhu 120 °C selama 4 jam.
3. Kemudian direduksi/dipanaskan dengan *furnace* pada suhu 1150 °C selama 1 jam
4. Sampel kemudian di *quenching* dengan air bersuhu ruang.
5. Sampel dipanaskan kembali dengan menggunakan Oven untuk dihilangkan kadar airnya pada saat *quenching* pada suhu 120 °C selama 4 jam.
6. Sampel digerus dengan mortar.
7. Kemudian diayak dengan *mesh* 200.
8. Sampel yang tidak lolos *mesh* 200 dihaluskan dengan *Shaker Mill* selama 30 menit, kemudian diayak kembali dengan *mesh* 200.
9. Dilakukan proses separasi magnetik.
10. Sampel dianalisa.
11. Dari hasil analisa sampel dengan reduktor yang memiliki kenaikan kadar mangan paling tinggi, maka reduktor itu yang akan dipakai untuk optimasi II.

3.3.3 Optimasi II

Prosedur pada optimasi II dilakukan dengan cara yg sama dengan optimasi I, tetapi dilakukan dengan variasi *additive* yaitu: Na₂SO₄, K₂SO₄, MSG. Pada optimasi II setelah didapatkan reduktor yang dihasilkan kadar mangan paling tinggi, maka reduktor itu yang akan dipakai untuk optimasi II.

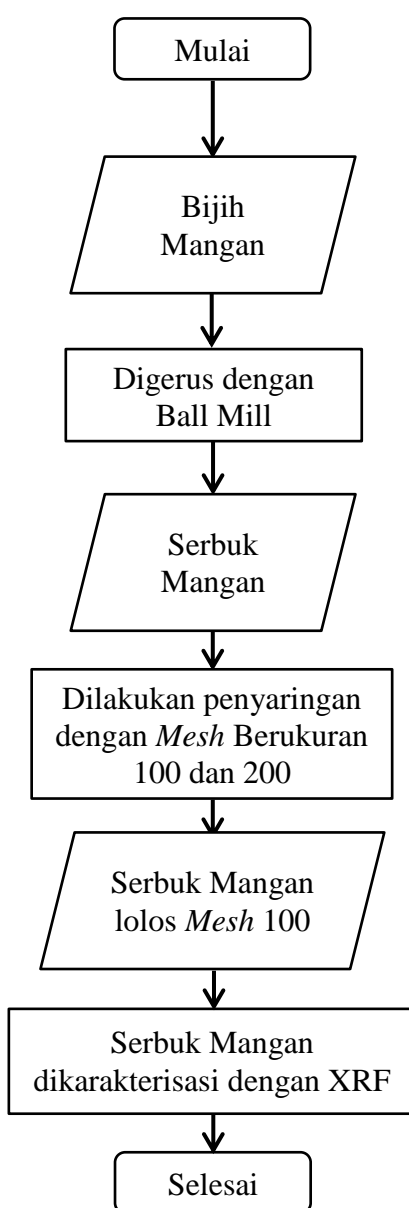
1. Bubuk bijih mangan dengan variasi *additive* dicampur, dengan setiap 1 kantung mangan menggunakan Na_2SO_4 , 1 kantung dengan K_2SO_4 , dan 1 kantung dengan MSG yang dilakukan selama 10 menit.
2. Reduktor yang terpilih sebanyak 0,75 gram, K_2SO_4 5 gram, serbuk mangan 50 gram dicampur dalam botol dengan alat *bottle roller* pada kecepatan 160 rpm, kemudian dicampur kembali reduktor yang terpilih sebanyak 0,75 gram, Na_2SO_4 5 gram, serbuk mangan 50 gram ke dalam botol yang kemudian diaduk dengan *bottle roller* pada kecepatan 160 rpm, dan reduktor yang terpilih sebanyak 0,75 gram, MSG 5 gram, serbuk mangan 50 gram dicampur kedalam botol yang kemudian diaduk dengan *bottle roller*.
3. Bubuk bijih mangan, reduktor, *additive*, dan air dibentuk menjadi bola-bola kecil seperti pelet.
4. Kemudian dipanaskan dengan Oven pada suhu $120\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam.
5. Lalu direduksi dengan *furnace* pada suhu $1150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam.
6. Sampel di *quenching* dengan air bersuhu ruang.
7. Sampel dipanaskan kembali dengan Oven untuk dihilangkan kadar air saat proses *quenching* pada suhu $120\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam.
8. Sampel digerus dengan mortar hingga halus.
9. Kemudian sampel diayak dengan *mesh* 200.
10. Sampel dihaluskan kembali dengan *Shaker Mill* selama 30 menit untuk sampel yang tidak lolos *mesh* 200. Setelah selesai sampel kemudian diayak kembali dengan *mesh* 200.
11. Dilakukan proses separasi magnetik untuk dipisahkan dengan kandungan magnet (Fe).

12. Kemudian semua proses selesai, sampel ditimbang dan dikarakterisasi.

3.4 Diagram Alir

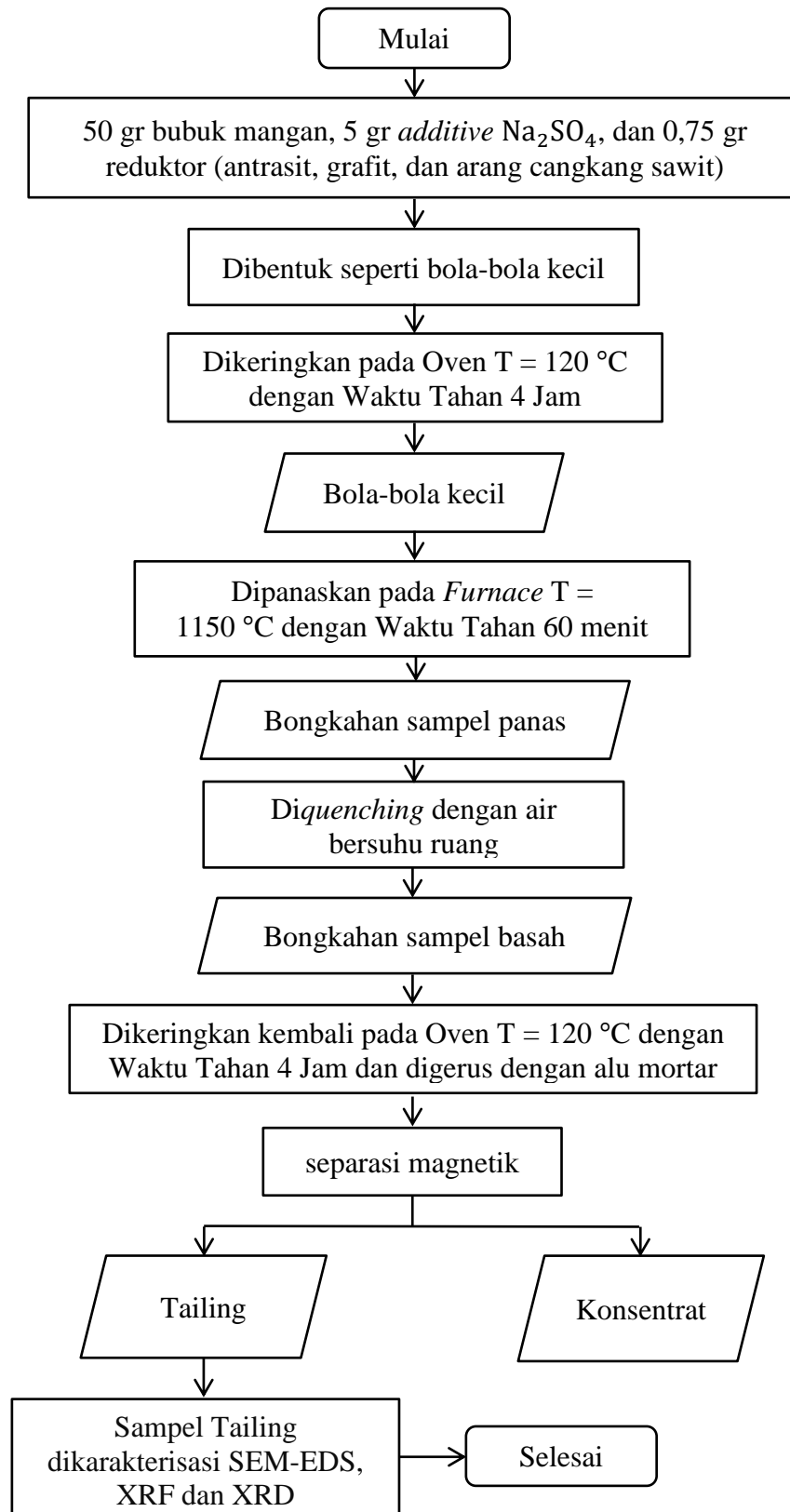
Proses penelitian secara keseluruhan disajikan dalam bentuk diagram alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1.**, **Gambar 3.2.**, dan **Gambar 3.3.**

3.4.1 Preparasi Sampel



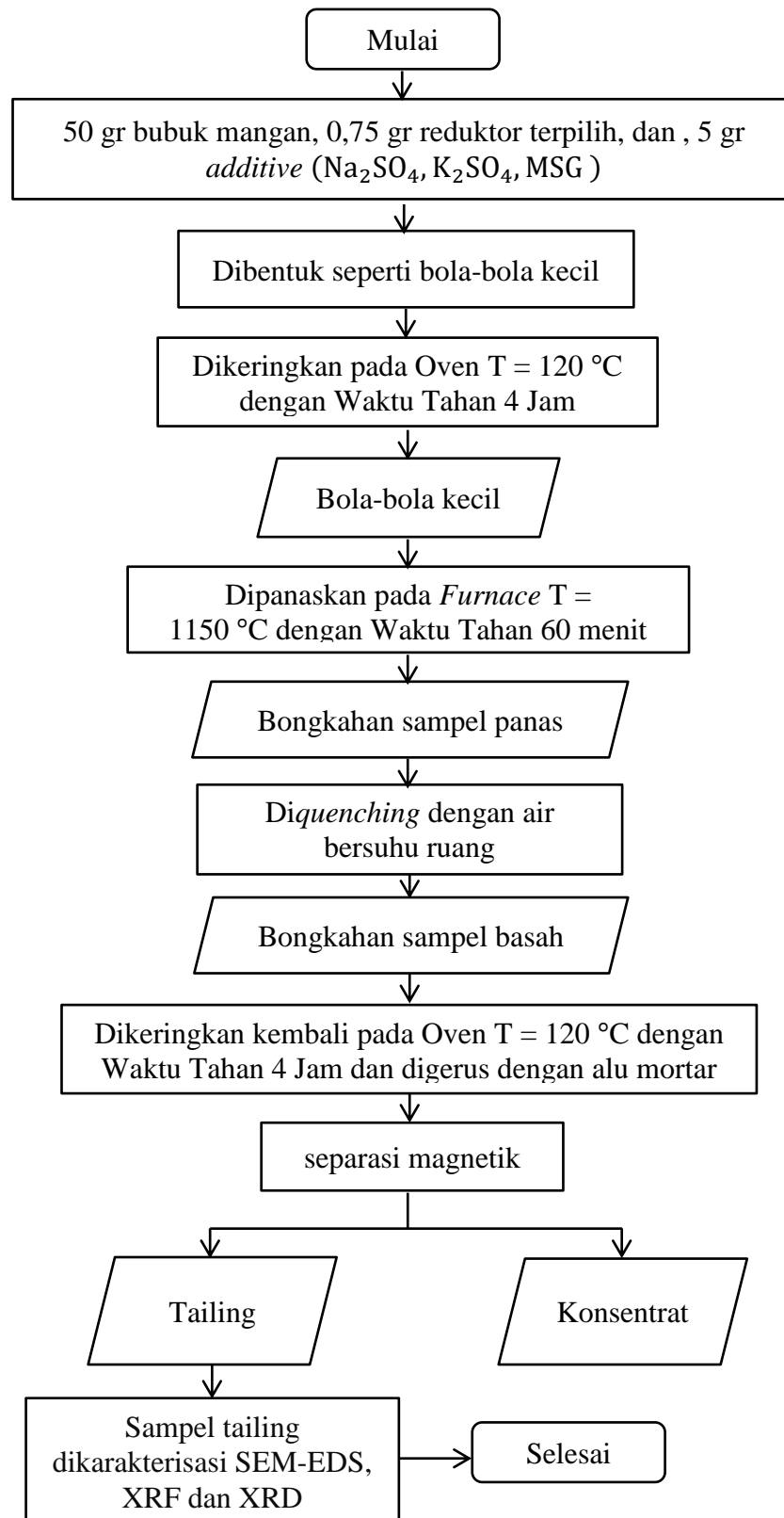
Gambar 3.1. Diagram Alir Peparasi Sampel

3.4.2 Optimasi I



Gambar 3.2. Diagram Alir Optimasi I

3.4.3 Optimasi II



Gambar 3.3. Diagram Alir Optimasi II.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

Variasi jenis reduktor dan zat aditif saat mereduksi sangat mempengaruhi peningkatan persentase mangan. Dari hasil penelitian reduktor terbaik diperoleh pada reduktor arang cangkang sawit dengan perolehan persentase kadar mangan sebesar 54,242 %. Sedangkan zat aditif terbaik diperoleh pada zat aditif K_2SO_4 dengan perolehan persentase kadar mangan sebesar 52,767 %. Penggunaan variasi jenis reduktor dan zat aditif mempengaruhi nilai *recovery* Mn pada hasil proses reduksi. *Recovery* mn paling tinggi didapat dengan jenis reduktor Arang Cangkang Sawit yaitu sebesar 98,851 %, sedangkan *Recovery* mn paling tinggi didapat dengan jenis zat aditif K_2SO_4 yaitu sebesar 91,703 %.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan variasi kadar terhadap reduktor arang cangkang sawit dan zat aditif K_2SO_4 guna mengetahui persen reduktor terbaik sebagai agen pereduksi dalam reduksi bijih mangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, I., dan puryanti, D. 2019. Pemurnian Mangan Oksida Dengan Metode Pengendapan Selektif Menggunakan Karbon. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 8. No. 4. Hal. 6.
- Baba, A.A., Ibrahim, L., Adekola, F.A., Bale, R.B., Ghosh, M.K., Sheik, A.R., Pradhan, S.R., Ayanda, O.S., dan Folorunsho, I.O. 2014. Hydrometallurgical Processing of Manganese Ores. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. Vol. 2. No. 3. Hal. 2.
- Budiyanto, E., Yuono, L.D., Bahfie, F., Sulistiyo, D. 2021. Ekstraksi Limonit Dengan Metode Dua Tahap Reduksi Selektif dan Magnetic Separation Dengan Variasi Waktu Tahan dan Suhu Rendah. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. Vol. 10. No. 1. Hal 6 dan 8.
- Caner, H.K. 2010. *Hydrometallurgical Processing of Lateritic Nickel Ores*. Graduate School of Naturaland Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Cullity, B. D., dan Stock, S. R. 2014. *Elements of X-Ray Diffraction Third Edition*. Always Learning: Pearson. Inggris.
- Edward, Z. 2010. Pengaruh Pemberian Monosodium Glutamate (MSG) Pada Tikus Jantan (*Rattus Norvegicus*) Terhadap FSH dan LH. *Jurnal Andalas*. Vol. 34. No. 2. Hal. 3.
- Ermer, J., and Miller, J.H. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. Willey VCH Verlag GmbH an Co. Weinheim
- Gao, L., Liu, Z., Y, Feng., Chu, M., Dan Tang, J. 2019 Systematic Study on Separation of Mn and Fe From Ferruginous Manganese Ores By Carbothermic Reduction Roasting Process: Phase Transformation And

- Morphologies. *Journal Of Materials Research And Technology*. Vol. 8. No. 6. Hal. 4.
- Gong, M., Yang, H., dan Zhang, P. 2017. Feature Learning and Change Feature Classification Based on Deep Learning for Ternary Change Detection in SAR Images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 8. No. 3. Hal. 2.
- Handaru, S.S., dan Mudaryoto, J.W. 2008. *Recovery Nikel Dari Bijih Limonite Tereduksi Oleh Leaching Ammonium Bikarbonat*. Universitas Indonesia. Depok.
- Havlik, T. 2008. *Hydrometallurgy Principles and Application*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge.
- Hawleys. 2001. *Condensed Chemical Dictionary fourteenth edition*. Penerbit John Wiley. Canada.
- Hurlbut, C.S. 1972. *Dana's Manual of Mineralogy*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Isdar, E. Suharyanto, A. dan Agus, J. 2022. Reduksi Bijih Mangan. *Jurnal Sains Fisika*. Vol. 2. No. 2. Hal. 4.
- Jiang, M., Sun, T., Liu, Z., Kou, J., Liu, N., Dan Zhang, S. 2013. Mechanism Of Sodium Sulphate In Promoting Selective Reduction Of Nickel Laterite Ore During Reduction Roasting Process. *International Journal Of Mineral Processing*. Hal. 6.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., dan Wood, J.H. 1992. *Kimia Untuk Universitas, Jilid 2, Edisi Keenam*. Penerbit Eriangga. Jakarta.
- Kementerian ESDM. 2015. *Laporan Kinerja Kementerian ESDM, Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta.
- Kiehne, H. A. 2003. *Battery Technology Handbook*. CRC Press. Amerika
- Kumar, M., Ranganathan, S., dan Sinhs, S.N. 2010. Kinetics Of Reduction Of Different Manganase Ore. *Journal Metallurgical Engineering*.
- Kyle, J. 2010. *Nickel Laterit Processing Technologies-Where to Next*. Murdoch University Repository. Australia

- Li, G., Shi, T., Rao, M., Jiang, T., dan Zhang, Y. 2012. Beneficiation of nickeliferous laterite by reduction roasting in the presence of sodium sulfate. *Journal Minerals Engineering*. Vol. 32. No. 1. Hal. 4.
- Linke, W. F., and Seidell, A. 1965. *Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds* (edisi ke-4th). Van Nostrand. New York.
- Liu, Y., He, F., Ma, D., Hu, Q., Dan You, Z. 2022. Novel Process of Reduction Roasting Manganese Ore with Sulfur Waste and Extraction of Mn by Acid Leaching. *Journal metals*. Vol. 12. No. 1. Hal. 9.
- Malik, A. 2019. *KIMIA XII*. Erlangga. Jakarta
- Mayangsari, W. dan Prasetyo, A.B. 2016. Proses Reduksi Selektif Bijih Nikel Limonit Menggunakan Zat Aditif CaSO_4 . *Jurnal Material Metalurgi*. Vol. 31. No. 1. Hal. 12.
- Meirawaty, M., Nugroheni, R.D., dan Riyandani, C.P. 2022. *Mineralogi*. CV. ZT Corpora. Banyumas.
- Ninomiya, K. 1998. Natural occurrence: Food Reviews International. *Japan Sains dan Teknolgi*. Vol. 14. No. 2-3. Hal. 2.
- Nurmala H, dan Hartoyo. 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung biji-bijian asal tanaman hutan dan perkebunan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 8. No. 4. Hal 2-3.
- Olsen, S.E., dan Tangstad, M., dan Lindstad, T. 2007. *Production of Manganese Ferro Alloys*. Tapir Academic Press. Trondheim.
- Patnaik, P. 2002. *Handbook of Inorganic Chemicals*. McGraw-Hill. New York.
- Peacey, J., Harris, J., dan Pickles, C.A. 2009. *Thermal Upgrading of Nickeliferous Lateritic Ores-A Review*. Proceeding of 48th Conference Metallurgists. Sudbury.
- Perdana, F. A. 2020. Baterai Lithium. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*. Vol. 9. No. 2. Hal. 2.
- Pintawantoro, Sunggih, Abdul, dan Fakhreza. 2021. *Pengantar Proses Pembuatan Besi*. Airlangga University Press. Surabaya.

- Plessen, H. 2000. "Sodium Sulfat" *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH. Jerman.
- Rahmawati, E. 2006. *Adsorpsi Senyawa Residu Klorin Pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida*. Skripsi FMIPA IPB. Bogor.
- Rao, M.C. 2013. LiMn₂O₄ Cathodes For Solid State LithiumIon Batteries-Energy Storage and Conversion. *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials* Vol. 5. No. 1. Hal 9-16.
- Sugiyarto, K.H., dan Retno, D.S. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2009. *Geologi Mineral Logam*. Gajah mada university press. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2018. *Bahan Galian Industri*. Gajah mada university press. Yogyakarta.
- Sulistiyono, E., Lalasari, L. H., Mayangsari,W., dan Prasetyo, A. B. 2018. Study of lithium extraction from brine water, Bledug Kuwu, Indonesia by the precipitation series of oxalic acid and carbonate sodium. *AIP Conference Proceedings*.
- Sumardi, S., Mubarak, M.Z., dan Saleh, N. 2013. Pengolahan Bijih Mangan Menjadi Mangan Sulfat Melalui Pelindian Reduktif Menggunakan Asam Oksalat Dalam Suasana Asam. *Prosiding Seminar Semirata FMIPA*. Vol. 1. No. 1. Hal. 2.
- Supriyatna, Y.I., Amin, M., dan Suharto. 2012. Study Penggunaan Reduktor Pada Proses Reduksi Pellet Bijih Besi Lampung Menggunakan Rotary Kiln. *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi, dan Kesehatan*. Vol 3, No.1. hal 3-4.
- Supriyatna, Y.I., Kambuna, B.N.H., Trinopiawan, K., dan Putra, P.A. 2019. Pengaruh Variasi Waktu Dan Reduktorpada Peleburan Titanium Dari Terak Timah Menggunakan Tungku Busur Listrik. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*.Vol. 15. No. 3. Hal 2-3.
- Suwandana, R. F. dan Astuti, D. 2015. Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 4. No. 1.

- Sorensen, B., Gaal, S., Ringdalen, E., Tangstad, M., Kononov, R., Dan Ostrovski, O. 2010. Phase Compositions Of Manganese Ores And Their Change In The Process Of Calcination. *International Journal Of Mineral Processing*. Vol. 9. No. 4. Hal. 5.
- Todd, M. 2010. *Mn ore reduction technologies*. IMnI EPD. CHINA
- Vlack, L. H. V. 1992. *Ilmu dan Teknologi bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Edisi 5*. Erlangga. Jakarta.
- Wahyudi, H., Zaharah, T.A., dan Wahyuni, N. 2013. Ekstraksi Mangan Dengan Proses Leaching Asam Sulfat Menggunakan Tandan Kosong Sawit Sebagai Reduktor. *Jurnal sains dan teknologi*. Vol. 2. No. 1. Hal. 1.
- Wills, B. A., dan Munn, N. 2006. *Mineral Processing Technology*. Elsevier Science & Technology Book. Amsterdam.
- Win, C.E. 1995. *Principles of Biochemistry*. MA: Brown Pub Co. Boston.
- Yucel, O., and Emir, A.M. 2001. Carbothermic Smelting of Tavas Manganese Ore Turkey. *Journal Hydrometallurgy*. Vol. 20. No 5-6.
- Youcai, L., Qingquan, L., Lifeng, L., Jiangang, F., Zhongsi, Z., Wang, C., and Dong, Q. 2014. Study On Hydrometallurgical Process And Kinetics Of Manganese Extraction From Low-Grade Manganese Carbonate Ores. *International Journal of Mining Science and Technology*. Vol. 24. No. 4. Hal. 3-4.
- Zhang, Y., You, Z., Li, G., dan Jiang, T. 2013. Manganese extraction by sulfur-based reduction roasting-acid leaching from low-grade manganese oxide ores. *Journal Hydrometallurgy*. Vol. 133. No.126-132.
- Zhang, W., dan Cheng, C.Y. 2007. Manganese Metallurgy Review Part I: Leaching of Ore Secondary Materials and Recovery of Electrolytic Chemical Manganese Dioxide. *Journal Hydrometallurgy*. Vol. 89. No. 3-4.
- Zhao., Yuna., Zhu, G., Cheng, Zhuo. 2010. Thermal analysis and kinetic Modeling of manganese oxide ore reduction using biomass straw as reductant. . *Jurnal sains dan teknologi*. Vol. 105. No. 2. pp. 96–102.