PENGARUH VARIASI BASISITAS DAN REDUKTOR TERHADAP PRODUK NPI (NICKEL PIG IRON) MENGGUNAKAN BIJIH NIKEL LATERIT INDONESIA

(Skripsi)

Oleh

Reza Andika

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI BASISITAS DAN REDUKTOR TERHADAP PRODUK NPI (*NICKEL PIG IRON*) MENGGUNAKAN BIJIH NIKEL LATERIT INDONESIA

Oleh

REZA ANDIKA

Pengaruh variasi basisitas dan reduktor terhadap produk NPI (*Nickel Pig iron*) menggunakan bijih nikel laterit Indonesia. Variasi basisitas yang digunakan yaitu 0,85, 1 dan 1,4, sedangkan untuk varisi reduktor adalah kokas, batu bara dan arang batok. Sampel dianalisis menggunakan (*X-Ray Fluoresensi)* XRF, *Optical Emission Spectroscopy* (OES), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan (*Scanning Electron Microscopy)* SEM. Hasil OES menunjukkan bahwa nilai Ni tertinggi diperoleh pada basisitas 1 sedangkan nilai Fe terbaik yang dihasilkan adalah pada reduktor kokas 5,6 kg. Hasil XRD menunjukkan bahwa puncak tertinggi yang dihasilkan pada basisitas 0,85 dan 1,4 didominani oleh Fe dan semakin tinggi nilai basisitas yang digunakan menghasilkan fasa FeNi terdiri dari dua puncak, sedangkan pada basisitas 0,85 fasa FeNi hanya terdiri dari satu puncak.

Kata Kunci: NPI (*Nickel Pig Iron*), bijih nikel laterit, batu kapur.

ABSTRACT

EFFECT OF BASICITY AND REDUCTANT AMOUNT IN THE NICKEL PIG IRON (NPI) PRODUCTION FROM INDONESIA LIMONITE ORE

By

REZA ANDIKA

The effect of reductor and basicity variety on NPI (Nickel Pig Iron) product using indonesian laterite nickel was carried out. The basicity variety contents are 0,85, i and 1,4 respectively with coke, coal and coconut shell chorcoal variety. The samples analysis use XRF, Optical Emission Spectroscopy (OES), X-Ray Diffraction (XRD) and (Scanning Electron Microscopy. The results of OES show that the highest content of Ni is on the level 1 basicity, whereas the Fe finest is 5,6 kg with coke reductor. The results of XRD show that the highest peak on the basicity are 0,85 and 1,4 which dominated by Fe and the basicity will be greater will afford the Fe, Ni phase which consist two peaks, regarding to the 0,85 basicity of the FeNi only one peak.

Keywords: NPI (Nickel pig Iron), laterite nickel ore, limestone.

PENGARUH VARIASI BASISITAS DAN REDUKTOR TERHADAP PRODUK NPI (*NICKEL PIG IRON*) MENGGUNANAKAN BIJIH NIKEL LATERIT INDONESIA

Oleh

REZA ANDIKA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI BASISITAS DAN REDUKTOR PRODUK NPI (NICKEL PIG IRON) MENGGUNAKAN BIJIH NIKEL LATERIT INDONESIA**

Nama Mahasiswa : *Reza Andika*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041037

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Drs. Syafriadi, M.Si.	**Dr. Eng. Widi Astuti**
NIP. 19610821 199203 1 002	NIP. 19780819 200212 2 003

2. Ketua Jurusan Fisika

Arif Surtono, M.Si., M.Eng.
NIP.19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
   Ketua : **Drs. Syafriadi, M.Si.** .....

   Sekretaris : **Dr. Eng. Widi Astuti** .....

   Penguji
   Bukan Pembimbing : **Prof. Simon Sembiring, Ph.D.** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **18 Desember 2017**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Variasi Basisitas dan Reduktor Terhadap Produk NPI (*Nickel Pig Iron*) menggunakan Bijih Nikel Laterit Indonesia" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

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

Bandar Lampung, Desember 2017

METERAI TEMPEL
4EBC2AEF850225680
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Reza Andika
NPM. 1317041037

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Banjarmasin, pada tanggal 05 November 1995. Anak dari pasangan Bapak Herman dan Ibu Nurlena yang merupakan putra ke 5 dari 5 bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Negara Batin pada tahun 2007, SMPN 1 Kota Agung Barat pada tahun 2010, dan SMA Muhammadiyah 1 Kota Agung pada tahun 2013.

Pada tahun 2013 penulis masuk dan terdaftar sebagai mahasisiwa Jurusan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar I, Fisika Dasar II, Sol Gel dan Sains Dasar. Penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai Anggota Sosial Masyarakat (SOSMAS) dari tahun 2013-2014.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dilaksanakan di UPT. BPML LIPI Tanjung Bintang, Lampung pada tahun 2016 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bumi Nabung Utara Kab. Lampung Tengah sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“Jadilah yang terbaik diantara yang baik”

(Reza Andika)

“Dengan Menyebut Nama Allah SubhanahuWataalla Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, Segala Puji Bagi Allah SubhanahuWataalla”

Kupersembahkan hasil karya yang sederhana ini kepada:

“Ayah dan Ibu”
Yang penuh kesabaran dalam membimbing, mendidik, menemani dan menyebangati dengan kelembutan doa dan kasih sayang.
Terima kasih atas restu yang tiada hentinya hingga sekarang dan sampai nanti

“Kakak-Kakakku”
Terima Kasih atas semangat, curahan kasih sayang dan bantuan yang telah kalian berikan

“Sahabat-Sahabatku”
Terima Kasih telah memberi warna dan pelajaran padaku,
Dari yang mengajari arti hidup sampai membantu dalam proses penyusunan karya yang sederhana ini.

Universitas Lampung
Almamater Tercinta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengaruh Variasi Basisitas dan Reduktor Terhadap Produk NPI (*Nickel Pig Iron*) menggunakan Bijih Nikel Laterit Indonesia".** Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Desember 2017

Penulis,

Reza Andika

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tuaku, Ayah dan Ibu tercinta yang tak henti memberiku semangat dan doa.
2. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. sebagai pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Dr. Eng. Widi Astuti sebagai pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan serta nasehat dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Simon Sembiring, Ph.D sebagai penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
5. (BPTM) Balai Penelitian Teknologi Mineral- LIPI Lampung yang telah membiayai dan mengizinkan untuk melakukan penelitian serta peneliti, staf, dan karyawan yang membantu dalam melakukan penelitian untuk menyelsaikan tugas akhir.
6. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. sebagai pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.

7. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng. selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku sekretaris Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
11. Kakak-kakakku tersayang Herido Febriadi, Rida Wati, Liskurlia dan Tyas Pribadi terimakasih atas bantuan dan semangat yang kalian berikan.
12. Teman-teman tercinta Risca Adriana, Neta Oktavia, Windy Mustika Sari, herullah, Aisyah Putri, Ratna Noviana, Maria Sova, Ari Fianti, Latifah, Maulida, Via Apri, Letia Oktridiana, Siti Isma.
13. Sinta Novita dan Reni Septiana teman satu timku yang telah membantu serta menjadi teman diskusi yang baik.
14. Teman–teman fisika 2013 serta kakak dan adik tingkat yang membantu dan memberikan semangat dalam proses menyelesaikan tugas akhir.

Akhir kata, atas segala bantuannya mendapat balasan dari Allah SWT dan dilimpahkan karunianya kepada kita semua.

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK i

ABSTRACT ii

HALAMAN JUDUL iii

HALAMAN PERSETUJUAN Iv

HALAMAN PENGESAHAN v

PERNYATAAN vi

RIWAYAT HIDUP vii

MOTTO viii

PERSEMBAHAN ix

KATA PENGANTAR x

SANWACANA xi

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Masalah 5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel..... 7
2.2 Jenis-jenis Nikel..... 8
2.3 jenis-jenis Nikel Lateri..... 11
2.4 Proses pengolahan Bijih Nikel Laterit 13
2.5 Pemanfaatan NIkel..... 17
2.6 Reduktor..... 20
2.7 Basisitas 21
2.8 Analisa XRF 22
2. 9 *X-Ray Diffraction* (XRD**)**.....22
2.10 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 24
2.11 (Spektroskopi Emisi Optik**)** OES..... 26

III. METODELOGI PERCOBAAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... 29
3.2 Alat dan Bahan..... 29
3.3 Prosedur Percobaan..... 30
3.4 Pembuatan Pelet..... . 35
3.5 Proses Peleburan Pelet 36
3.6 Analisis Sampel NPI..... 38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Bijih Nikel Laterit.....40
4.2 Karakterisasi Reduktor 42
4.3 Hasil Peleburan Logam NPI 43
4.4 Analisa Hasil XRF 46
4.5 Analisa XRD Logam NPI 47
4.6 Analisa hasil SEM 50
4.7 Analisa Hasil *Mapping* EDX 51

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....56

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar

1. Batuan nikel 7

2.Mineral laterit.....9

3. (a) Potensi cadangan nikel laterit dunia (b) Material paduan nikel untuk bahan baku pembuatan *stainless steel* 10

4. Ketersediaan diseluruh dunia.....10

5. Susunan bijih laterit 12

6. Perbandingan proses *pyrometalurgy, caron, high pressure acid leaching* (HPAL), dan *enhanced pressure acid leaching* (EPAL).....16

7. Produksi NPI di Cina 18

8. Skema alat peleburan NPI.....19

9. Hukum Bragg Sinar X 23

10. Diagram skematik *scanning electron microscopy* (SEM).....25

11. Skema OES.....26

12. Prinsip kerja OES 27

13. Diagram alir penelitian.....30

14. Analisis bijih laterit menggunakan XRD 41

15. Analisa logam NPI menggunakan XRD 48

16. Hasil SEM logam NPI.....50

17. Hasil uji *mapping* EDX reduktor arang batok.....51

18. Hasil uji *mapping* EDX basisitas 1.....52

19. Hasil uji *mapping* EDX reduktor batu bara.....53

20. Hasil uji *mapping* EDX reduktor kokas 5,6kg.....54

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Unsur kimia bijih laterit limonit 11
2. Unsur kimia bijih laterit saprolit 12
3. Analisa proximat 21
4. Unsur kimia batu kapur 35
5. Analisa bijih nikel laterit menggunakan XRF 40
6. Data puncak pola difraksi sinar-X pada serbuk nikel laterit 42
7. Hasil uji proximat 42
8. Hasil peleburan NPI variasi basisitas 43
9. Hasil peleburan NPI dengan jumlah reduktor 44
10. Hasil peleburan logam NPI dengan variasi jenis reduktor 45
11. Hasil analisa *slag* menggunakan XRF 47
12. Data puncak pola difraksi sinar-X pada basisitas 0,85 48
13. Data puncak pola difraksi sinar-X pada basisitas 1,4 49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai kekayaan alam yang cukup melimpah seperti mineral logam. Beberapa mineral logam yang dihasilkan dari industri pertambangan berupa timah, nikel, tembaga, emas, perak dan lain-lain. Berdasarkan data Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia memiliki sumberdaya nikel sebesar 2.633 juta ton dengan cadangan nikel sebesar 577 juta ton (Virman dkk, 2014). Cadangan nikel di Indonesia sebesar 1576 ton dari cadangan nikel dunia (Astuti dkk, 2012). Terdapat tiga daerah penghasil nikel di Indonesia yaitu Sulawesi, Papua, dan Kalimantan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016, nikel merupakan salah satu jenis produksi pertambangan yang paling menonjol di daerah Sulawesi Tenggara. Selain itu, di Sulawesi Selatan, komoditas ekspor terbesar adalah nikel dengan nilai ekspor sebesar 36,57 juta dolar atau 53,30 persen dari total nilai ekspor. Cadangan nikel terbesar di Sulawesi Selatan terdapat di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur (Sujiono dkk, 2014).

Nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan memiliki banyak aplikasi dalam dunia industri. Bijih nikel diklasifikasikan menjadi dua yaitu bijih nikel

laterit dan bijih nikel sulfida. Bijih nikel laterit dihasilkan dari pelapukan batuan ultramafik dengan kandungan zat besi dan magnesium yang cukup tinggi dan biasanya terdapat di daerah tropis maupun sub-tropis (Astuti dkk, 2012). Bijih nikel sulfida terbentuk melalui proses vulkanik atau hidrotermal dan banyak mengandung tembaga dan kobalt, dan mengandung sedikit logam mulia seperti emas, platinum, palladium dan rhodium (Pournaderi. S, 2014) Bijih nikel sulfida terdapat pada negara Rusia dan Kanada (Rochani, 2013). Banyak bahan paduan yang dibuat berbasis nikel karena memiliki kekuatan struktur terhadap proses *creep*, *fatigue* dan kestabilan permukaan (oksidasi korosi) (Sujiono dkk, 2014). Sebanyak 62 % nikel digunakan sebagai bahan baku pembuatan baja anti karat (*stainless steel*). Selain itu, nikel juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan *alloy steels* dan *non-ferrous alloy* sebanyak 18 % (Barkas, 2010).

Selama ini, sebanyak 60 % kebutuhan akan nikel secara komersial dipasok dari batuan sulfida. Padahal, sekitar 70 % cadangan nikel dunia terperangkap dalam bentuk laterit. Batuan laterit memiliki kadar nikel yang rendah sehingga jarang digunakan sebagai sumber utama nikel dan dibutuhkan *treatment* khusus untuk meningkatkan kadar nikel dalam batuan tersebut (Kyle, 2010). Indonesia sendiri, terdapat 1,391 ton cadangan bijih nikel laterit (Nurhakim dkk, 2011).

Laterit adalah produk hasil pelapukan batuan secara kimiawi yang berlangsung dalam waktu yang panjang pada kondisi iklim basah atau lembab. Laterit dapat diproses untuk menghasilkan nikel. Pada dasarnya batuan laterit dapat dibagi menjadi dua lapisan, yaitu lapisan limonit dan saprolit. Dalam masing-masing lapisan tersebut terkandung jenis mineral yang bermacam-macam. Mineral utama

penyusun lapisan limonit adalah *gheothit*e [FeO(OH)] dan *hematite* (Fe_2O_3), sedangkan pada lapisan saprolit disusun oleh mineral *serpentine* [(Ni,Mg)SiO_3.nH_2O)] (Yildrim *et al*., 2012).

Salah satu pemanfaatan bijih nikel laterit yaitu sebagai bahan dasar pembuatan ferronikel. Kadar nikel dalam ferronikel berkisar antara 20 – 40 %. Ferronikel umumnya digunakan untuk membuat *stainless steel*. Selain itu, ferronikel juga digunakan dalam pembuatan NCPI / NPI. NCPI (*Nickel Containing Pig Iron*) adalah ferronikel (FeNi) yang mengandung 1,5-25 % Ni (Prsetyo dan puguh, 2011).

Penelitian mengenai pembuatan NPI (*Nickel pig Iron*) juga telah dilakukan oleh (Chen *et al*., 2014) dengan menggunakan reduktor *bio-coal* pada temperatur 900-1200 ^oC. Hasil penelitian tersebut menunjukan bahwa penambahan *bio-coal* dapat meningkatkan kandungan Ni pada suhu 1100 ^oC kandungan Ni dalam laterit jenis limonit meningkat dari 1.18 % menjadi 1.64 %. Sedangkan untuk laterit jenis saprolit kandungan Ni meningkat dari 3.43 % menjadi 4.93 % pada temperatur 1200 ^oC.

Penelitian mengenai pembuatan NPI (*Nickel Pig Iron*) dari bijih nikel laterit telah dilakukan oleh (Prasetyo dan Puguh, 2011). Dalam penelitian tersebut digunakan reduktor batubara dengan kadar 7,5 %, 10 %, 12,5 % dan 15 %. Reduksi dilakukan pada temperatur 900 ^oC, 950 ^oC, 1000 ^oC dan 1100 ^oC selama 1 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa NPI yang diperoleh memiliki kandungan Ni sebesar 1, 02 % dan Fe 11, 20 %.

penellitan juga telah dilakukan oleh (Zhu *et al*., 2012) mengenai pembuatan NPI (*Nickel Pig Iron*) menggunakan reduktor kalsium sulfat dan batubara. Pada penelitian ini dilakukan penambahan reduktor kalsium sulfat sebanyak 6 % dan reduktor batubara sebesar 5 % dengan temperatur reduksi 1100 ^{o}C selama 60 menit. Hasil yang didapat yaitu penambahan reduktor kalsium sulfat dan batubara menyebabkan kandungan unsur nikel yang dihasilkan meningkat dari 1.88 % menjadi 3. 94 %. Selain itu, hasil analisis SEM menunjukkan bahwa penambahan kalsium sulfat 6 % menjadikan ukuran partikel ferronikel meningkat dari 5.8 µm menjadi 16.1 µm.

Berdasarkan yang disyaratkan dalam peraturan mentri ESDM No. 8 Tahun 2015, nilai kandungan Ni minimum pada NPI (*Nickel Pig Iron*) yaitu sebesar 4 %. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kadar Ni yang dihasilkan belum mencapai nilai minimum. Dengan kata lain, nilai kandungan Ni yang disyaratkan sebagai bahan baku pembuatan NPI belum tercapai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi basisitas terhadap kadar Fe dan Ni pada produk NPI?
2. Bagaimana pengaruh variasi reduktor (kokas, batu bara dan arang batok) terhadap kadar Fe dan Ni pada produk NPI (Nickel Pig Iron)?
3. Bagaimana fasa yang terbentuk pada produk NPI?
4. Bagaimana struktur mikro yang dihasilkan pada produk NPI?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi basisitas terhadap kandungan Fe dan Ni yang dihasilkan dari produk NPI.
2. Mengetahui pengaruh variasi reduktor (batubara, kokas, dan arang batok kelapa) terhadap kandungan Fe dan Ni yang dihasilkan dari produk NPI (*Nickel Pig Iron*).
3. Mengetahui fasa yang terbentuk pada produk NPI.
4. Mengetahui struktur mikro yang dihasilkan produk NPI.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi bagaimana pengaruh variasi nilai basisitas dan reduktor (batu bara, kokas, dan arang batok kelapa) dalam pembuatan NPI (*Nickel Pig Iron*) dari bijih nikel laterit.
2. Membangkitkan keinginan untuk melanjutkan penelitian tentang pembuatan NPI dari bijih nikel laterit.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

1. Bijih laterit yang digunakan adalah jenis limonit.
2. Reduktor yang digunakan yaitu batubara, kokas dan arang batok kelapa. Sedangkan, binder yang digunakan adalah bentonit.

3. Karakterisasi menggunakan *XRF Portable*, OES, XRD dan SEM..
4. Pembuatan NPI menggunakan tungku peleburan EAF selama 30-40 menit pada temperatur 1400 ^{o}C.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel

Nikel adalah salah satu unsur kimia yang tergolong dalam logam transisi, berwarna putih keperakan dengan sedikit keemasan bersifat kuat dan mudah dibentuk. Nikel bersifat lembek dalam keadaan murni, namun akan menjadi baja keras yang tahan karat jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya. Sekitar 70 % -80 % nikel berada dalam batuan laterit yang tersebar di daerah-daerah tropis dan subtropis, seperti Indonesia, New Caledonia, Australia, Cuba, dan Filipina (Kyle, 2010). Nikel adalah logam penting yang digunakan dalam produksi *stainless steel* dan campuran logam (Zhu.D.Q *et al*., 2012).

Gambar 1. Batuan Nikel (Sumber: Sari, 2013).

Nikel bersifat liat dapat ditempa dan sangat kukuh. Logam ini melebur pada suhu 1455 ^{o}C. Selain itu, nikel mempunyai sifat tahan karat. Nikel memiliki beberapa kegunaan antara lain:

1. Pembuatan *stainless steel*, sering disebut baja putih.
2. Pembuatan logam campuran (*alloy*) untuk mendapatkan sifat tertentu.
3. Untuk pelapisan logam lain (*nickel Plating*).
4. Bahan untuk industri kimia (sebagai katalis).
5. Bahan untuk industri rumah tangga, karena sifatnya yang fleksibel dan mempunyai karakteristik yang unik (Sari, 2013).

2.2 Jenis-Jenis Bijih Nikel

Jenis bijih nikel dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

1. Nikel Sulfida

Bijih nikel sulfida terbentuk melalui proses vulkanik atau hidrotermal, banyak mengandung tembaga dan kobalt, sedikit logam mulia seperti emas, platinum, palladium dan rhodium, biasanya mengandung 0,4 – 2 % Ni, 0,2-2 % Cu, 10 – 30 % Fe dan 20 % S. Bijih nikel sulfida merupakan campuran dari mineral sulfida dengan berbagai mineral batuan (Pournaderi. S, 2014). Bijih nikel sulfida terdapat di negara Rusia dan Kanada (Rochani, 2013).

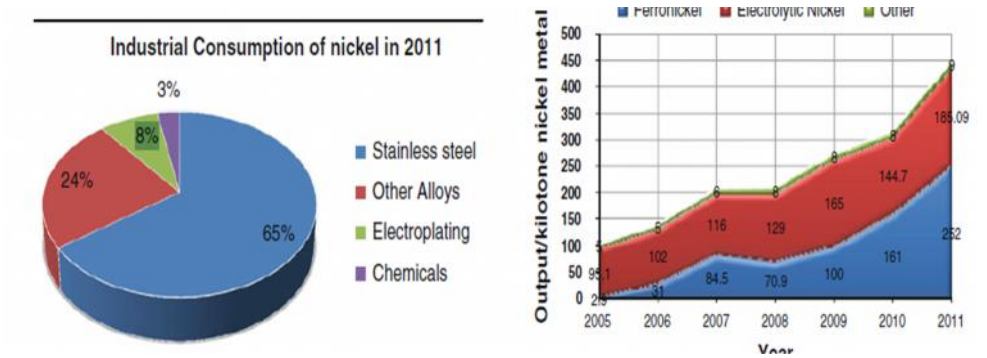
2. Nikel Laterit

Laterit dihasilkan dari pelapukan batuan secara kimiawi yang berlangsung dalam waktu yang panjang dibawah suhu yang cukup tinggi pada kondisi iklim basah atau lembab. Nikel laterit adalah hasil laterisasi batuan ultramafik yang memiliki kandungan besi dan magnesium yang tinggi, dapat ditemukan pada permukaan tanah yang relatif dangkal yaitu sekitar 6- 15, tetapi bisa juga mencapai 60 meter di bawah permukaan tanah. Pembentukan bijih nikel laterit dapat berlangsung lebih dari satu juta tahun (Kose, 2011).

Gambar 2. Mineral laterit (Sumber: Sari, 2013).

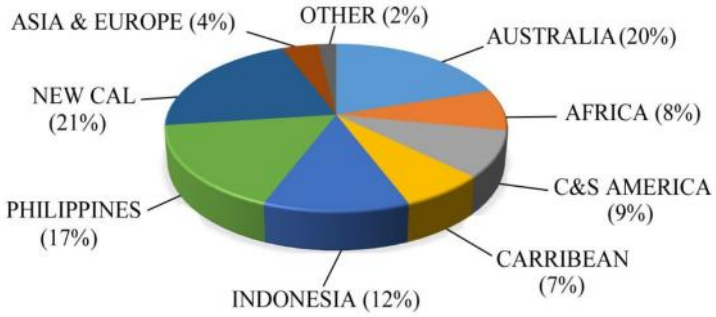
Endapan nikel laterit merupakan bijih yang dihasilkan dari proses pelapukan batuan yang ada di atas permukaan bumi. Nikel laterit merupakan sumber bahan tambang yang sangat penting (Ningsih, 2012). Mineral utama bijih laterit adalah FeO(OH), mineral lainnya adalah (Fe_2O_3 H_2O) (NiO) dan (Cr_2O_3). Bijih laterit akan terhidroksilasi atau melepaskan ikatan OH jika dipanaskan pada temperatur 250-350 ^oC, ditandai dengan penurunan temperatur yang semakin besar (Makahanap dan Manap, 2010). Sebagian besar sumber nikel terkandung dalam

tipe deposit laterit (sekitar 72 %) yang ditemukan di daerah tropis seperti Indonesia, Kuba, Filipina, dan Australia (Rochani, 2013). Gambar 3 menunjukkan cadangan nikel laterit di dunia.



Gambar 3. (a) Potensi cadangan bijih nikel laterit di dunia; (b) material paduan nikel untuk bahan baku pembuatan *stainless steel* (Sumber: Mingjun Rao, *et al*., 2013).

Adapun penggunaan bijih nikel laterit di dunia dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ketersediaan bijih nikel di dunia (Sumber: Pournaderi. S, 2014).

Gambar 4. menunjukkan ketersediaan bijih nikel didunia, Indonesia memiliki ketersediaan bijih nikel sebesar 12 %

2.3 Jenis-Jenis Nikel Laterit

Nikel laterit dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Bijih Laterit Limonit

Bijih laterit limonit diperkaya oleh zat besi, namun mengandung silika dan magnesium yang rendah (Fe 15-32 %, MgO < 10 %). Komponen utama dari bijih laterit limonit adalah oksida besi, kobalt dan kromium (Kose, 2011). Limonit umumnya berwarna coklat kemerahan. Warna merah dihasilkan dari oksida *hematite* (Nukdin, 2012). Tabel 1 memperlihatkan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bijih laterit limonit.

Tabel 1. Unsur kimia bijih laterit limonit (Zhua, 2014).

No	Unsur kimia	Kandungan (%)
1	Fe	40,90
2	Ni	0,97
3	Co	0,09
4	SiO_2	12,55
5	MgO	4,65
6	Al_2O_3	6,52
7	CaO	0,30
8	Cr_2O_3	2,86

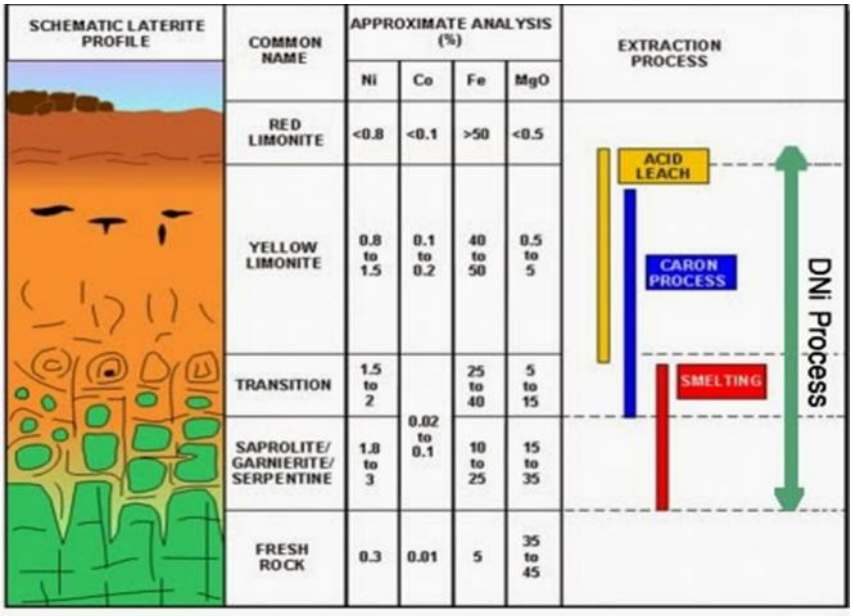
2. Bijin Laterit Saprolit

Bijih laterit saprolit mengandung zat besi yang lebih rendah dengan magnesium yang lebih tinggi (Fe < 12 % dan MgO > 25 %). Bijih laterit saprolit disebut sebagai *garnierite* (Pournaderi, 2014). Tabel 2 memperlihatkan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bijih laterit saprolit.

Tabel 2. Unsur kimia bijih laterit saprolit (Zhua *et al*., 2012).

No	Unsur kimia	Kandungan (%)
1	Fe	23,16
2	Ni	1,42
3	Co	0,08
4	SiO_2	27,74
5	MgO	0,57
6	Al_2O_3	4,05
7	CaO	0,50
8	Cr_2O_3	1,68

Susunan nikel laterit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Susunan bijih laterit (Sumber: Pournaderi. S, 2014).

2.4 Proses Pengolahan Bijih Laterit Menjadi Nikel

Laterit dapat diproses untuk menghasilkan nikel dengan dua cara, yaitu dengan hidrometalurgi dan pirometalurgi. Hidrometalurgi merupakan proses pemurnian logam dengan menggunakan pelarut kimia untuk melarutkan bahan logam tertentu sehingga kemurnian logam yang diinginkan meningkat (*leaching*). Hidrometalurgi merupakan metode yang cukup menjanjikan karena mampu menghasilkan nikel dengan kemurnian tinggi. Selain itu, pelarut dapat diregenerasi dan digunakan kembali sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Akan tetapi pada proses ini masih meninggalkan residu dari pelarut kimia tersebut yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan.

A. *Hydrometallurgy*

Jenis – jenis proses *hydrometallurgy* antara lain:

- Proses caron

Pada proses ini, bijih terlebih dahulu direduksi sebelum dilakukan proses *roasting* menggunakan amonium karbonat dalam tekanan atmosferik. Kemudian *recovery* nikel dari larutan *leaching* diperoleh dengan cara menguapkan larutan tersebut sehingga terbentuk endapan nikel karbonat. Reaksi *roasting* berlangsung pada suhu 850 ^{o}C. Bijih yang sudah selesai direduksi kemudian didinginkan dengan cara *quenching* pada suhu 150 ^{o}C-200 ^{o}C dalam larutan ammonium karbonat. Ni dan Co yang terkandung dalam bijih akan larut dan membentuk ammonia kompleks, sedangkan Fe akan teroksidasi dan mengendap sebagai $Fe(OH)_3$. Pada proses ini didapatkan larutan yang tidak mengandung Fe, sehingga didapatkan Ni

dan Co yang lebih murni. Proses *caron* dapat digunakan untuk bijih limonit dan beberapa jenis bijih saprolit (Kyle, 2010).

- *High Pressure Acid Leaching* (HPAL)

Teknologi ini telah menjadi metode utam dalam proses *hydrometallurgy*. Proses ini cocok untuk bijih limonit. Bijih dilarutkan dalam larutan asam sulfat pada suhu 240 ^{o}C-270 ^{o}C selama 60-90 menit. Pada akhirnya Fe akan mengendap sebagai hematit (Fe_2O_3) dan jarosit ($(H_3O)Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$), sedangkan Al dalam bentuk alunit ($(H_3O)Al_3(SO_4)_2(OH)_6$. Hampir semua Fe, Al, Si, dan Cr akan mengendap. Lebih dari 95 % Ni dan 90 % Mg akan larut dalam larutan (Kyle, 2010).

- *Enhaced Pressure Acid Leaching* (EPAL)

Atmospheric Leaching (AL) dipasang disisi HPAL untuk menghasilkan *Enhaced Pressure Acid Leaching* (EPAL). Pada proses *Atmospheric Leaching*, Ni dan Co diekstraksi. Proses ini menggunakan bijih saprolit untuk menetralkan asam yang tersisa setelah proses HPAL, sehingga meningkatkan kandungan nikel pada larutan. Saprolit dilarutkan kembali dalam larutan asam sulfat dan terjadi peningkatan pH untuk membantu mengendapkan besi (Fe) dari larutan sebagai goetit (Liu *et al*., 2014).

B. *Smelting / pyrometallurgy*

Smelting merupakan teknologi yang sudah sangat banyak digunakan untuk memproduksi *ferro nickel* atau *nickel matte*. Proses ini cocok untuk mengolah bijih saprolit dengan kadar Ni yang tinggi (>2 %), Mg yang tinggi (10 %-15 %) dan Fe yang rendah (13-20 %). Dalam pembuatan *ferronickel*, bijih dicampur

dengan batu bara kemudian dikeringkan dan dikalsinasi dalam tanur putar pada suhu 900 ^{o}C-1000 ^{o}C. Hasil kalsinasi kemudian di-*smelting* dan ditambahkan kembali batubara ke dalam *electric furnace* pada suhu 1550 ^{o}C. Hasilnya berupa Ni dan Fe yang sudah tereduksi sempurna 60 %-70 %. Fe, Mg, dan SiO_2 yang tersisa akan tertinggal dalam campuran *slag* (Kyle, 2010).Hanya sekitar 40 % industri-industri yang ada didunia memproduksi bijin nikel laterit dengan menggunakan proses *smelting* (Pournaderi, 2014).

Secara umum, proses pirometalurgi dibagi menjadi beberapa tahap yaitu *drying*, *reduction* atau *calcination*, *smelting*, dan *refining*.

- *Drying*

Kandungan air pada nikel laterit bervariasi, sekitar 30 %- 45 %. Dalam proses ini kandungan air pada nikel laterit dikontrol sekitar 15 %- 20 % untuk mengurangi timbulnya debu yang berlebihan pada proses pengeringan dan proses-proses selanjutnya.

- *Calcination* dan *reduction*

Pada tahap ini dilakukan pemanggangan terhadap batuan (bijih), yang dimaksudkan untuk menghilangkan kandungan air. Kandungan air yang terdapat dalam batuan laterit direduksi pada suhu sekitar 400 ^{o}C. Bijih dilebur dan dibakar menggunakan batubara dalam sebuah tanur putar.

- *Smelting*

Leburan kemudian dilebur lagi dalam *furnace* pada suhu 1513 ^{o}C untuk mereduksi nikel. Reduksi dilakukan dalam *furnace* bersuhu tinggi dan terbentuk *Nickel Pig Iron* (NPI) yang merupakan *ferro-alloys*.

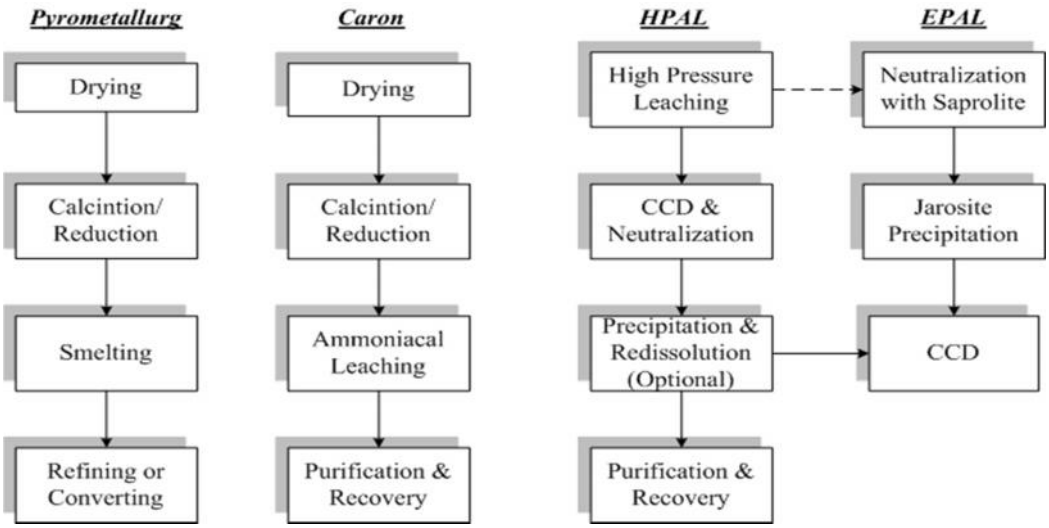
- *Refining*

Proses *refining* atau pemurnian bertujuan untuk menghilangkan impuritas yang terkandung, seperti karbon, silika, krom, dan lain-lain (Kyle, 2010).

Keunggulan dari proses *pyrometallurgy* denga *hydrometallurgy* adalah:

1. Mudah dilakukan, karena pada dasarnya hanya membutuhkan proses peleburan. Sedangkan *hydrometallurgy* membutuhkan proses *leaching*, netralisasi, dan purifikasi.
2. Membutuhkan waktu yang singkat, yakni hanya dalam hitungan jam, berbeda dengan hidrometalurgi yang membutuhkan waktu hingga hitungan hari.
3. Reagen yaitu reduktor mudah didapat.
4. Jika digunakan bioreduktor, maka proses reduksi yang terjadi akan lebih ramah lingkungan karena terjadi *zero* CO_2*cycle.*

Perbandingan proses-proses pengolahan batuan nikel laterit ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan proses *pyrometalurgy, caron, high pressure acid leaching* (HPAL), dan *enhanced pressure acid leaching* (EPAL) (Kyle, 2010).

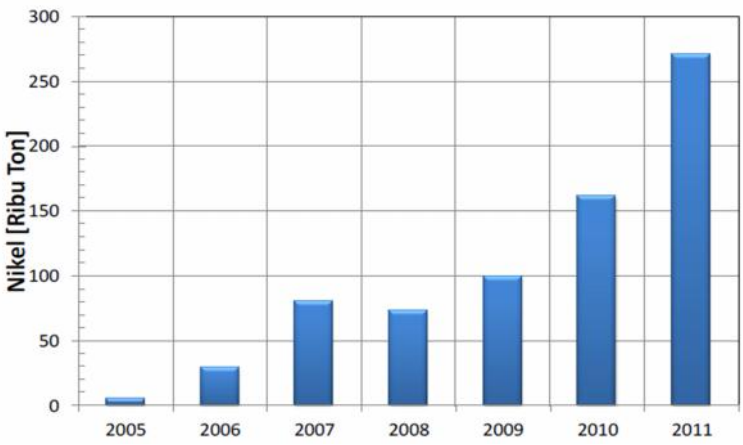
2.5 Pemanfaatan Nikel

Nikel adalah salah satu logam yang penting karena memiliki banyak aplikasi dalam bidang industri. Terdapat jenis produk turunan nikel seperti logam halus, bubuk, dan spons. Sebanyak 62 % logam nikel dimanfaatkan sebagai baja tahan karat (Barkas, 2010). Produk turunan nikel pada umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu *ferro nickel* (FeNi), *Nickel Pig Iron* (NPI), dan *nickel sulfide matte (nickel matte).*

Nickel matte merupakan produk yang dihasilkan melalui proses *smelting* atau peleburan, sama seperti *ferro nickel*. Akan tetapi, setelah melalui *rotary kiln*, bijih selanjutnya direaksikan dengan sulfur di dalam *electric furnace*. Kemudian produknya dimasukkan ke sebuah konverter, dimana udara dialirkan dan menghasilkan Ni dengan kadar 75-78 %. *Nickel matte* pertama kali dibuat di Kaledonia Baru dengan menggunakan *blast furnace*, sedangkan feronikel memiliki kandungan yang lebih rendah dibandingkan dengan *Nickel matte* yaitu 15-25 % Ni (Rochani, 2013).

Nickel Pig Iron (NPI) adalah ferronikel yang mengandung 1,5 – 25 % Ni (nikel) sedangkan ferronikel (FeNi) pada umumnya mengandung 20 – 40 % Ni (Prasetyo dan Puguh, 2011). Pembuatan *Nickel Pig Iron* menggunakan bahan baku dari bijih limonit sudah dilakukan oleh beberapa produsen di China menggunakan bijih laterit yang diimpor dari Indonesia, Filipina, dan New Caledonia (Yildrim *et al*., 2012). Proses pembuatan NPI di China menggunakan teknologi *blast furnace*. Teknologi *blast furnace* mulai dioperasikan di China pada tahun 2005 untuk menghasilkan *Nickel Pig Iron* yang didorong oleh harga

nikel yang cenderung meningkat. Peningkatan produksi *Nickel Pig Iron* di China dari tahun 2005 – 2011 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Produksi NPI di Cina dari tahun 2005- 2011 (Sumber: Zulhan dkk, 2012).

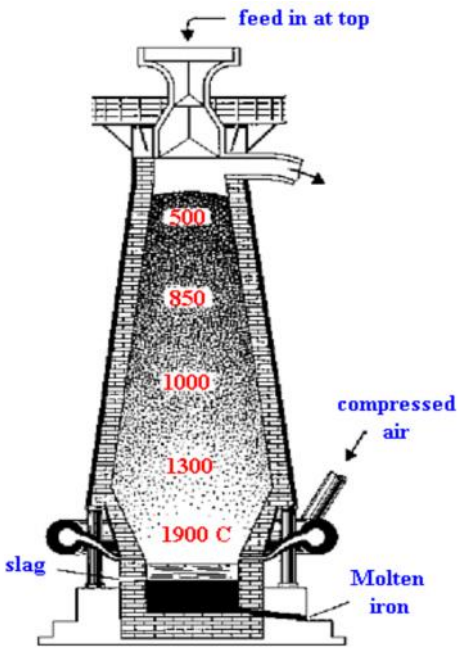
Produksi *Nickel Pig Iron* (NPI) dibagi dalam tiga *grade* yaitu:

1. *Low grade* (LG) - NPI, kandungan nikel 1- 3 %.
2. *Medium grade* (MG) – NPI, kandungan nikel 4-9 %.
3. *High grade* (HG) – NPI, kandungan nikel 10 – 15 % (Cartman, 2012).

Produk hasil proses *smelting* dari bijih dengan kandungan nikel yang rendah, menghasilkan *Nickel Pig Iron*dengan kandungan nikel sekitar 2 %-10 % (Yildrim *et al*., 2012).

Prose peleburan sampel *Nickel Pig Iron* (NPI) dilebur pada tungku induksi dengan kapasitas 500 kg/heat. Setelah mencair dan mencapai temperatur 1450 ℃. Selanjutnya dituang ke dalam cetakan berbentuk batang yang berukuran diameter 20 mm dan panjang 50mm (Riansyah, 2012). Bebrapa jenis tungku peleburan

yang digunakan pada proses peleburan NPI, diantaranya adalah *blast funace* dan *submerged arc* (Mingjun Rao *et al*., 2013).



Gambar 8. Skema alat peleburan NPI (Sumber: Herianto dan R, Binud, 2013).

Salah satu pemanfaatan NPI (*Nickel Pig Iron*) adalah sebagai bahan baku *stainless steel* (Rochani, 2013). Negara China telah berhasil menggunakan NPI sebagai bahan baku pembuatan *Stainless Steel* (Kruger, *et al*., 2010). Reaksi yang terjadi saat proses pembuatan NPI pada temperature 1100 ^{o}C adalah

$$2Fe_3O_4 + 2CO \longrightarrow 6FeO + 2CO_2 \quad (1)$$

$$2/5Fe_3O_4 + S_2 \longrightarrow 6/5FeS + 4/5SO_2 \quad (2)$$

$$4/3FeO + S_2 \longrightarrow 4/3FeS + 2/3SO_2 \quad (3)$$

$$2FeO + 2CO \longrightarrow 2Fe + 2CO_2 \quad (4)$$

$$2NiO + 2CO \longrightarrow 2Ni + 2\ CO_2 \quad (5)$$

$$2CoO + 2CO \longrightarrow 2Co + 2CO_2 \quad (6)$$

$$2Fe + S_2 \longrightarrow 2FeS \quad (7)$$

$$2Ni + S_2 \longrightarrow 2NiS \quad (8)$$

$$2Co + S_2 \longrightarrow 2CoS \quad (9)$$

$$2Fe + 2NiS \longrightarrow 2FeS + 2Ni \quad (10)$$

$$2Fe + CoS \longrightarrow 2FeS + 2Co \quad (11)$$

2.6 Reduktor

Reduktor adalah bahan yang memiliki kandungan karbon (C).

a. Kokas

Kokas adalah residu padat yang tertinggal bila batu bara dipanaskan tanpa udara sampai sebagian zat yang mudah menguap hilang. Kokas adalah batubara yang bila dipanaskan tanpa udara sampai suhu tinggi akan lunak. Kokas digunakan pada industri baja (Supriyatna dkk, 2012).

b. Batu Bara

Batu bara adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik. Unsur-unsur utama nya adalah terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen (Supriyatna dkk, 2012).

c. Arang Batok

Arang batok adalah arang yang berbahan dasar tempurung kelapa. Batok kelapa yang akan dijadikan arang harus kelapa yang sudah tua, dikarenakan lebih padat dan kandungan sedikit dibandingkan dengan dari kelapa yang masih muda (Supriyatna dkk, 2012).

Tabel 3. Analisa proximat (Supriyatna dkk, 2012).

No	Nama redukttor	Moisture (%)	Vollatile (%)	Ash (%)	Fix carbon (%)
1	Kokas	7,22	5,84	6,52	80,43
2	Batu bara	8,93	23,35	26,62	49,95
3	Arang batok	10,03	8,75	4,37	76,85

2.7 Basisitas

Basisitas merupakan nilai keasaman atau kebasaan dari suatu proses peleburan, apabila nilai basisitas <1 maka basisitas tersebut bersifat asam sedangkan apabila basisitas mimiliki nilai >1 maka basisitas bersifat basa (Liu *et al*., 2014). Adapun rumus untuk mementukan nilai keasaman atau kebasaan dari suatu basisitas adalah sebagai berikut:

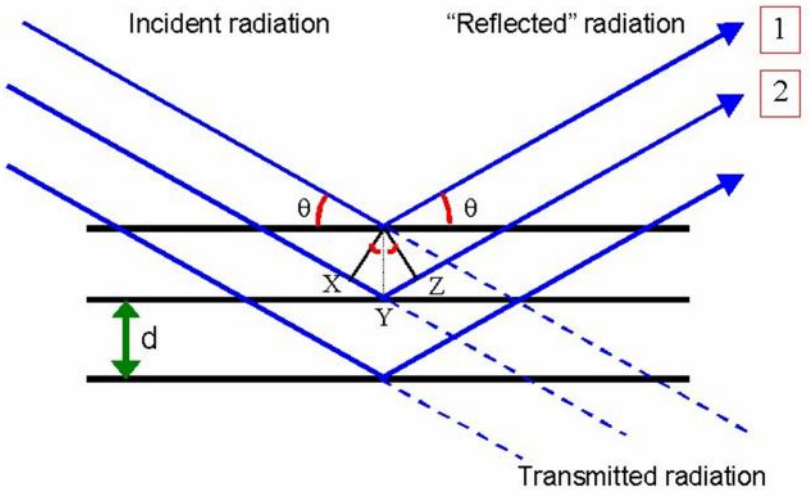
$$B = \frac{CaO + MgO}{Al_2O_3 + SiO_2} \quad (12)$$

2.8 Analisis (*X-Ray Fluoresensi*) XRF

X-Ray Fluoresensi (XRF) merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk menganalisis unsur-unsur yang terdapat dalam suatu bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Prinsip kerja metode analisis XRF berdasarkan terjadinya tumbukan atom-atom pada permukaan sampel (bahan) oleh sinar-X (Jenkin, 1988). Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X. Sedang analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar. Dalam analisis kuantitatif, faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain matriks bahan, kondisi kevakuman dan konsentrasi unsur dalam bahan (Jenkin*et al*., 1995).

2.9 *X-Ray Diffraction* (XRD)

Analisis bahan dalam bentuk serbuk halus merupakan cara penelitian dengan sinar-x yang paling banyak diterapkan. Berkas sinar-x yang sejajar diarahkan pada serbuk. Karena terdapat partikel serbuk dalam jumlah yang cukup banyak dengan orientasi yang berbeda, berkas yang terdifraksi akan membentuk kerucut difraksi dengan sudut 2θ. Kerucut difraksi mengenai pita film pada dua tempat, masing-masing membentuk sudut 2θ dengan garis berkas keluar-masuk. Diperoleh kerucut terpisah (atau sepasang *garis difraksi*) untuk setiap nilai d_{hkl} tertentu. Jadi, letak garis difraksi dapat ditentukan dan jarak d dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $n\lambda=2d\ sin\theta$. Difraksi sinar-x adalah sarana yang serbaguna dalam penentuan struktur intern bahan (Vlack, 1980).



Gambar 9. Hukum *Bragg* Sinar X (Brady, 1999).

Bila sebuah kristal disiram oleh sinar X, setiap atom dari kristal dalam jalan sinar X akan mengabsorbsi sebagian dari energinya, kemudian akan dipantulkannya kembali ke segala arah. Setiap atom merupakan sumber pengeluaran gelombang kecil sekunder dan sinar X dikatakan akan disebarkan oleh atom-atom. Pengeluaran gelombang kedua dari berbagai sumber akan saling mempengaruhi, saling memperkuat atau menghilangkan. Dua orang ahli dari Inggris, William Bragg dan putranya Lawrence mencoba mengerjakan fraksi dari sinar X seperti suatu refleksi. Dalam percobaan Bragg, sinar X yang menembus kristal dianggap sedang direfleksi oleh lapisan partikel-partikel yang berulang-ulang dalam zatnya seperti pada gambar diatas. Bragg menunjukkan bahwa untuk melihat adanya intensitas pada sinar X yang keluar, suatu hubungan yang relatif sederhana harus dipenuhi. Hubungan ini yang dikenal sebagai persamaan Bragg adalah:

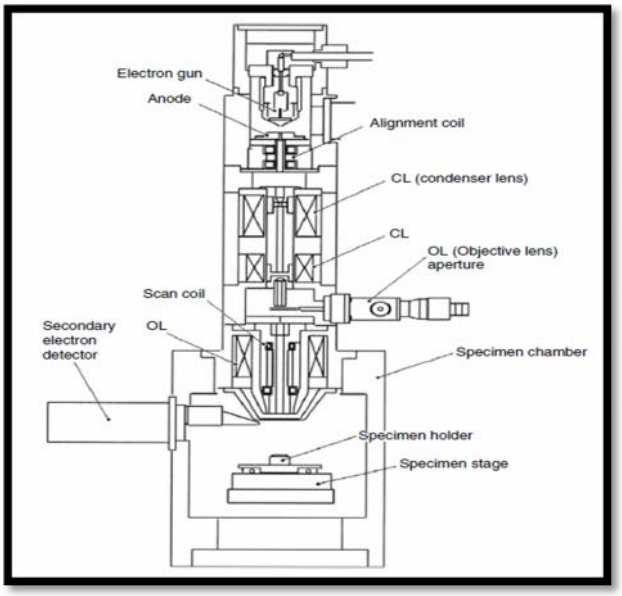
$$2d \sin \theta = n\lambda \qquad (12)$$

Dimana *d* adalah ruang antara lapisan yang berulang yang memantulkan sinar X, θ sudut dimana sinar X masuk dan keluar dari lapisan-lapisan bersangkutan, λ

adalah panjang gelombang dari sinar X dan *n* adalah bilangan bulat (*n* = 1, 2, 3 dan sebagainya). Persamaan Bragg ini berguna sebagai dasar untuk mempelajari struktur kristal dengan cara difraksi oleh sinar X (Brady, 1999).

2.10 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah alat deteksi yang menggunakan sinar elektron berenergi tinggi untuk melihat objek pada skala yang sangat kecil. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah microskop yang menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. SEM menghasilkan bayangan dengan resolusi yang tinggi, maksudnya, pada jarak yang sangat dekat tetap dapat menghasilkan perbesaran yang maksimal tanpa memecahkan gambar. SEM terdiri dari dua bagian utama, yaitu konsol elektronik dan kolom elektron. Pada konsol terdapat tombol-tombol yang berguna untuk mengatur fokus, perbesaran, dan intensitas gambar pada tampilan layar. Kolom merupakan tempat berkas elektron dihasilkan, difokuskan ke suatu titik kecil dan di *scan* melewati sampel untuk membuat sinyal yang dapat mengontrol intensitas gambar pada layar.



Gambar 10. Diagram skematik *scanning electron microscopy* (SEM) (Sumber: Zhou dan Wang, 2006).

Sistem SEM modern membutuhkan penembak elektron yang menghasilkan elektron stabil dengan arus tinggi, tempat ukuran kecil, penyesuaian energi dan dispersi energi kecil. Beberapa jenis penembak elektron digunakan dalam sistem SEM dan kualitas berkas elektron yang bervariasi. Penembak elektron SEM pertama umumnya menggunakan tungsten hairpin atau *Lantanum Hexaboride* (LaB_6) katoda. Penembak elektron tungsten banyak digunakan dalam banyak aplikasi terutama untuk pembesaran. Penembak elektron yang banyak digunakan terdiri dari tiga bagian, yaitu filamen berbentuk V penjepit tungsten (katoda), sebuah silinder *wehnelt*, dan anoda seperti pada Gambar 10 filamen tungsten berdiameter sekitar 100 m. Filamen berbentuk V dipanaskan sampai suhu lebih dari 2800 ^{o}K. Dengan menerapkan arus filamen tersebut, elektron dapat terlepas dari permukaan ujung filamen. Sebuah potensi negatif bervariasi dalam kisaran 0,1-30 kV diterapkan pada tungsten dan *wehnelt* silinder dengan tegangan tinggi. (Zhou and Wang, 2006).

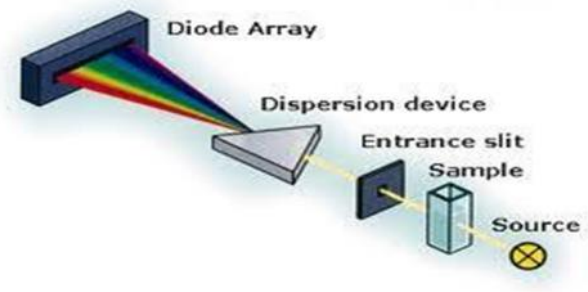
2.11 Spektroskopi Emisi Optik

Spektroskopi emisi optik adalah teknik penting untuk analisis multi elemen dari berbagai macam bahan. OES melibatkan pengukuran radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dari atom. Baik data kualitatif dan kuantitatif dapat diperoleh dari jenis analisis ini. Setelah dikalibrasi, sampel yang telah dipersiapkan diletakkan ditempat disediakan, kemudian ditembak sebanyak 3x. Selanjutnya data akan tercatat secara otomatis pada komputer (Yunior, 2011).

Gambar 11. Spektroskopi emisi optik(Sumber: Balai Penelitian Teknologi Mineral-LIPI, 2017)

Hasil analisis dapat diketahui melalui panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpancar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya. Intensitas sinar yang terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsurnya. Dalam prinsip pelaksanaannya, sinar radioaktif dan gas argon ditembakkan terhadap sampel yang akan mengakibatkan terbakarnya sampel sehingga memancarkan cahaya dan panjang gelombang serta intensitas tertentu. Cahaya yang timbul akibat pembakaran diubah menjadi cahaya monokromatik yang kemudian dilewatkan pada kaca prisma sehingga terdifraksi menjadi cahaya dengan panjang gelombang dan intensitas tertentu dan akan

dideteksi oleh detektor unsur, sehingga dapat diketahui unsur yang terdapat pada sampel tersebut. Prinsip kerja alat spektroskopi emisi optik di tampilkan pada Gambar 12 (Zaenal, 1997).



Gambar 12. Prinsip kerja alat spektro skopi emisi optik
(Sumber: Zaenal, 1997).

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan " Pengaruh Variasi basisitas dan Reduktor terhadap Produk NPI (*Nickel Pig Iron*) Menggunakan Bijih Laterit Indonesia" pada temperature 1400 ^{o}C selama 30 menit. Reduktor yang akan digunakan yaitu kokas, batubara dan arang batok kelapa. Bijih laterit yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis limonit. Sampel yang akan digunakan diayak menggunakan *mesh*-100 kemudian dianalisis menggunakan *XRF Portable*s dan XRD sebelum dibuat pelet. Analisis *XRF Portable* berfungsi untuk mengatahui unsur-unsur kimia yang terdapat pada sampel dan analisa XRD berfungsi untuk mengetahui fasa yang dominan pada bijih nikel laterit. Pembuatan pelet dilakukan dengan memasukkan bijih limonit dan air ke dalam mesin pembuat pelet. Sebelum dilakukan peleburan sempel pelet terlebih dahulu menghitung basisitas yang akan digunakan, fungsi dari basisitas adalah untuk mempermudah proses peleburan pada suhu yang rendah, adapun basisitas yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,85 %, 1 % dan 1,4 % . Pelet yang sudah kering kemudian dilebur menggunakan tungku peleburan dengan ditambahkan reduktor, batu kapur dan kokas. Bentonit berfungsi sebagai binder / perekat agar sampel tidak hancur saat dilebur dan penambahan batu kapur digunakan untuk memisahkan logam dan *slag* hasil peleburan. Sampel hasil peleburan kemudian di analisa menggunakan OES

untuk mengetahui unsur kimia yang terdapat pada baja. Selain itu juga dilakukan analisis SEM dan XRD untuk mengatahui struktur dan fasa yang pada baja NPI.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada April 2017 hingga Agustus 2017 di Laboratorium Pengecoran Logam dan Laboratorium Uji Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang bertempat di Jl. Ir. Sutami km 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

a. Alat proses: *Cutting Tool* merk *Precise*, Timbangan manual merk armada, *furnace*, Mortar, Mesin pembuat pellet, Tungku induksi (EAF), Oven, Cawan 30 ml, Cawan 50 ml.
b. Alat analisa: *Specttrometer* tipe OES (*Optical Emission Spectrometry*) model *Spectromax* tipe *Benchtop*, SEM, XRD, *XRF*.

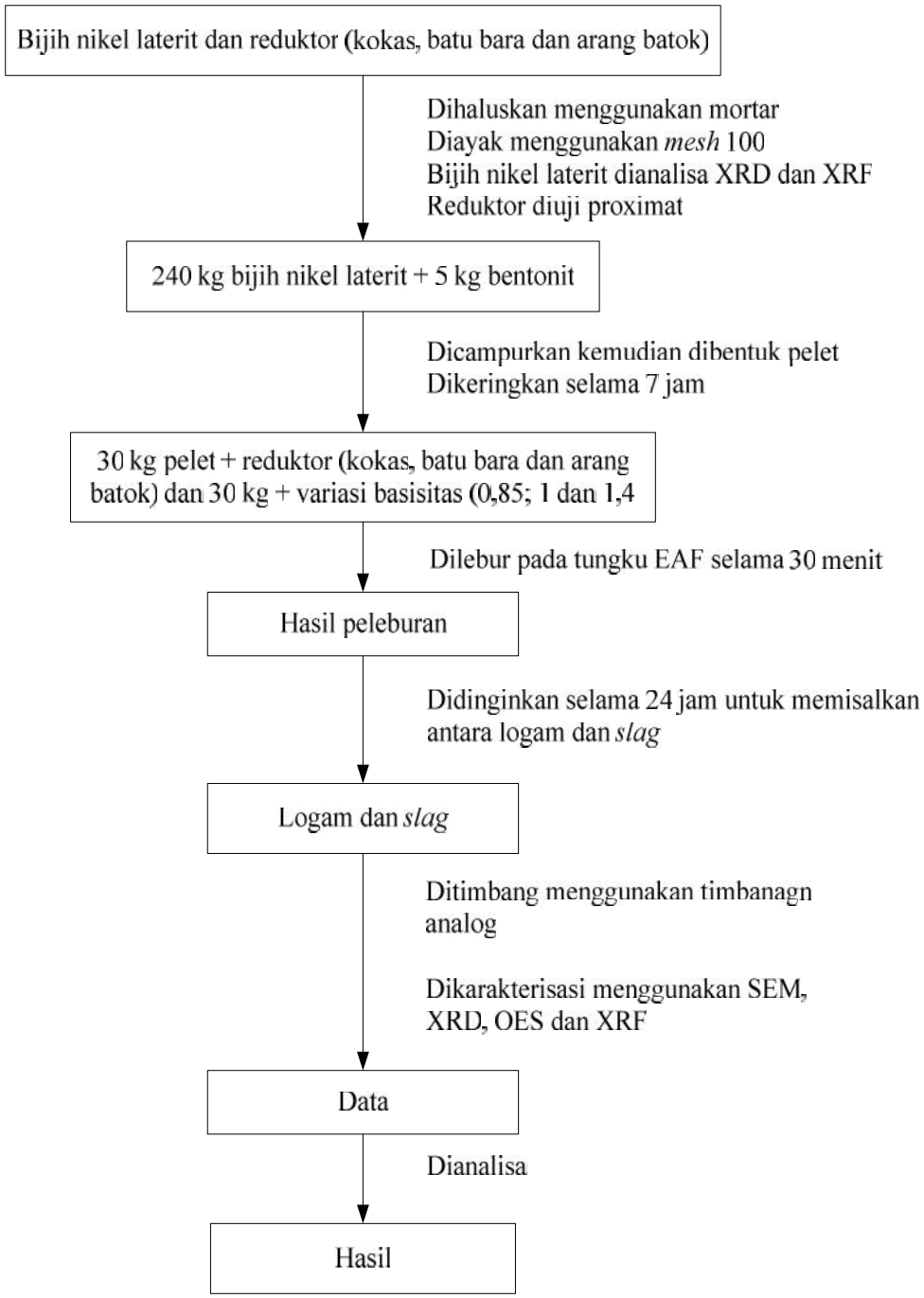
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bijih nikel laterit, kokas, batu bapur, arang batok, batu bara, bentonit dan air.

3.3 Prosedur Percobaan

3.3.1 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagi berikut:



Gambar 13. Diagram alir penelitian.

3.3.2 Analisis Bahan Baku dan Reduktor

a. Analisis bijih laterit menggunakan *XRF*

1. Menyiapkan sampel bijih nikel laterit jenis limonit.
2. Mengayak bijih nikel laterit dengan *mesh* 100.
3. Memasukkan sampel ke dalam plastik berukuran kecil.
4. Sampel kemudian dianalisis menggunakan XRF, untuk mengetahui unsur kimia yang terdapat pada bijih nikel laterit.

b. Uji Proksimat Reduktor

3.3.2.1 Analisis kadar air total

a. Mengatur suhu pada 105 ^{o}C sampai 110 ^{o}C pada oven

b. Menimbang 1 gr (kokas, batu bara dan arang batok) kedalam cawan 50 ml yang beratnya telah diketahui.

e. Memanaskan cawan yang telah diisi reduktor ke dalam oven selama 1 jam.

f. Mengangkat cawan berisi contoh yang sudah kering dari oven dan kemudian letakkan.

g. Mendinginkan selama 5 menit, selanjutnya memindahkan ke dalam desikator

h. Menimbang apabila sudah dingin.

Perhitungan

$$\text{Mad (\%)} = \frac{n_{2-m_3}}{n_{2-m_1}} \times 100 \qquad (13)$$

Dengan:

M_{ad} = kadar air lembab dari reduktor (%).

m_1 = berat botol timbangan dan tutup (gram).

m_2 = berat botol timbangan dan tutup + contoh sebelum dipanaskan (gram).

m_3 = berat botol timbangan dan tutup + contoh setela dipanaskan (gram).

3.3.2.2 Analisis Kadar Zat Terbang

a. Meletakkan cawan berukuran 30 ml dan tutupnya diatas piringan asbes dalam dudukan kawat baja, lalu memanaskan pada suhu 900 ^{o}C selama 7 menit.

b. Mengangkat dudukan dan cawan dari dalam *furnace* lalu didinginkan diatas lempengan logam selama 5 menit.

c. Setelah dingin menimbang cawan dan tutupnya.

d. Menimbang 1 gr reduktor dalam cawan tersebut.

e. Meratakan permukaan contoh dengan cara menggoyang-goyangkankan cawan secara perlahan-lahan.

f. Meletakkan cawan dalam keadaan tertutup di atas dudukan.

g. Memasukkan cawan ke dalam *furnace* selama 7 menit.

h. Mengangkat dudukan dalam *furnace*, didinginkan di atas lempengan logam selama 5 menit dan dilanjutkan di dalam desikator.

i. Menimbang cawan bila sudah dingin.

Perhitungan

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{n_{2-m_3}}{n_{2-m_1}} \times 100 - \text{Mad} \qquad (14)$$

Dengan:

Mad = kadar air lembab dari reduktor (%).

m_1 = berat cawan dan tutup (gram).

m_2 = berat botol timbangan dan tutup + contoh sebelum dipanaskan (gram).

m_3 = berat botol timbangan dan tutup + contoh setelah dipanaskan (gram).

3.3.2.3 Analisis Kadar Abu

a. Menimbang 1 gr reduktor ke dalam cawan 30 ml yang telah diketahui beratnya.

b. Memasukkan cawan yang berisi reduktor ke dalam *furnace* pada suhu kamar, kemudian menaikkan suhu *furnace* sampai kurang lebih 500 ^{o}C dalam waktu 60 menit dan biarkan pada suhu tersebut selama 30 menit.

c. Menurunkan pemanasan dan menaikkan suhu *furnace* smapai 900 ^{o}C dan membiarkan selama 60 menit

d. Mengangkat cawan dari dalam *furnace*, meletakkan dari atas lempengan logam selama 10 menit, kemudian memasukkan ke dalam desikator.

e. Menimbang cawan yang berisi abu tersebut.

f. Menghitung kadar abu.

Perhitungan

$$\text{Kadar abu } (\%) = \frac{m_{3-m1}}{m_{2-m_1}} \times 100\% \qquad (15)$$

Dengan:

m_1 = bobot cawan kosong (gram)

m_2 = bobot cawan + contoh (gram).

m_3 = bobot cawan + abu (gram).

3.3.2.4 Uji Kadar Air Lembab

a. Menimbang sampel dengan masing-masing reduktor sebanyak 20 gr,

b. Memasukkan sampel ke dalam oven selama 2 jam.

c. Mencata berat masing-masing reduktor setelah dioven 2 jam.

d. Memasukkan kembali sampel ke dalam oven selama 4 jam.

e. Mencatat berat masing-masing reduktor setelah dioven 4 jam.

Perhitungan

$$\text{Uji air lembab (\%)} = \frac{n_{2-m_3}}{n_{2-m_1}} \times 100 \qquad (16)$$

Dengan:

m_1 = Berat cawan (gram).

m_2 = Berat sampel setelah dioven selama 2 jam (gram).

m_3 = Berat sampel setelah dioven selama 4 jam (gram).

3.3.2.5 Analisis Kadar Karbon

Kadar karbon adalah sisa padatan yang dapat terbakar setelah reduktor dihilangkan zat terbangnya.

Perhitungan:

Kadar karbon terlambat (%) = 100 – (kadar air + abu + zat terbang)

c. Analisis Batu kapur Menggunakan *XRF*

a. Menyiapkan sampel bijih nikel laterit.

b. Mengayak bijih nikel laterit dengan *mesh* 100.

c. Memasukkan sampel ke dalam plastik berukuran kecil.

d. Sampel kemudian dianalisis menggunakan XRF, untuk mengetahui unsur kimia yang terdapat pada bijih nikel laterit.

Tabel 4. Unsur kimia batu kapur.

No	Unsur kimia	Kandungan (%)
1	CaO	71,5
2	MgO	0,7
3	SiO_2	2,1
4	Al_2O_3	0,7

3.4 Pembuatan Pelet

Adapun langkah-langkah pembuatan pellet pada penelitian ini adalah:

a. Menyiapkan bahan bijih nikel laterit (240 kg) dan binder bentonit (5 kg).

b. Mencampurkan kedua bahan hingga merata menggunakan mesin pencampur bahan.

c. Membentuk sampel seperti bola-bola kecil berdiameter ± 2cm dengan penambahan air ± 10 liter menggunakan mesin pembuat pelet agar sampel mudah terbentuk.

d. Mengeringkan sampel pada suhu 117 ^{o}C selama 76 jam.

3.5 Proses Peleburan Pelet

Proses peleburan pelet dilakukan dengan variasi basisitas, untuk mengatahui nilai basisitas diperoleh dari persamaan dibawah ini:

$$B = \frac{CaO + MgO}{Al_2O_3 + SiO_2} \quad (17)$$

Adapun proses peleburan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Variasi Basisitas

a. Menyiapkan pelet bijih nikel laterit 30 kg dan kokas 7 kg pada setiap variasi nilai basisitas yaitu: 0,84, 1, 1,4 kg.

b. Membagi sampel dengan 5 untuk mempermudah proses peleburan. Melebur sampel pada tungku induksi dengan kapasitas 50 kg.

d. Proses peleburan dilakukan pada temperatur 1480 ^{o}C selama 30-40 meni dengan tungku induksi (EAF).

e. Sampel dituangkan pada cetakan berbentuk kotak.

f. Sampel didinginkan selama 24 jam untuk dilakukan pemisahan antara *slag* dan logam.

g. Menimbang sempel yang telah dilebur antara lain: berat logam totoal, kokas yang tidak terlebur dan slag.

h. Karakterisasi sempel.

3.5.2 Variasi jumlah kokas

Setelah mendapatkan basisitas yang optimum, selanjutnya menggunakan variasi jumlah kokas.

a. Menyiapkan pelet bijih nikel laterit 30 kg, batu kapur 0 kg dengan variasi reduktor kokas yaitu: 5,6 kg dan 10,5 kg.

b. Membagi sampel dengan 5 bagian untuk mepermudah proses peleburan.

c. Melebur sampel pada busur listrik (EAF) dengan kapasitas 50 kg.

d. Proses peleburan dilakukan pada temperatur 1480 ^{o}C selama 30-40 menit.

e. Sampel dituangkan pada cetakan berbentuk kotak.

f. Sampel didinginkan selama 24 jam untuk dilakukan pemisahan antara *slag* dan logam.

g. Menimbang sampel yang telah dilebur antara lain: berat logam totoal, kokas yang tidak terlebur dan slag.

h. Karakterisasi sampel.

3.5.3 Variasi jenis reduktor (arang batok dan batu bara)

Setelah mendapatkan variasi nilai basisitas dan kokas, pada peleburan selanjutnya menggunakan variasi reduktor.

a. Menyiapkan pelet bijih nikel laterit 30 kg, dengan variasi reduktor yaitu: arang batok dan batu bara dengan masing-masing berat reduktor yaitu: 7 kg.

b. Membagi sampel dengan 5 bagian untuk mempermudah proses peleburan.

c. Melebur sampel pada tungku (EAF) dengan kapasitas 50 kg.

d. Proses peleburan dilakukan pada temperatur 1480 ^{o}C selama 30-40 menit.

e. Sampel dituangkan pada cetakan berbentuk kotak.

f. Sampel didinginkan selama 24 jam untuk dilakukan pemisahan antara *slag* dan logam.

g. Menimbang sampel yang telah dilebur antara lain: berat logam totoal dan reduktor yang tidak terlebur dan slag.

h. Karakterisasi sampel.

3.6 Analisis Sampel NPI

a. Analisis *OES*

Sampel NPI (*Nickel Pig Iron*) dianalisis dengan menggunakan OES untuk mengetahui unsur kimia yang terdapat pada sampel.

c. Analisis XRD

Sampel NPI (Nickel PigIron) dianalisa menggunakan XRD untuk mengetahi fasa yang terbentuk pada sampel.

b. Analisis SEM

Analisis SEM bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan yang terdapat pada sampel NPI dan penyebaran unsur pada logam NPI.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi basisitas diperoleh kandungan Ni dan Fe pada basisitas 0,85 adalah 3,64 % dan 82,81 %. Pada basisitas 1 kadar Ni dan Fe 4 % dan 89 %. Sedangkan pada basisitas 1,4 kandungan Ni sebesar 3,86% dan Fe sebesar 87,3 %. Sehingga nilai optimum didapat pada basisitas 1.
2. Variasi reduktor diperoleh kandungan Ni dan Fe pada reduktor kokas adalah 3,64 % dan 82,81 %. Reduktor batu bara diperoleh kadar Ni dan Fe 3,57 % dan 89,4 %. Sedangkan pada reduktor arang batok kandungan Ni sebesar 2,37 % dan Fe sebesar 89,99 %.
3. XRD menujukkan telah terbentuk fasa FeNi pada sampel. Pada basisitas 0,85 terdapat satu puncak fasa FeNi sedangkan pada basisitas 1,4 terdapat dua puncak fasa FeNi. Semakin tinggi nilai basisitas pembentukan fasa FeNi semakin banyak.
4. SEM menunjukkan pada struktur permukaan pada setiap sampel yang diuji, dimana pada basisitas 1 struktur permukaan yang cukup baik hanya terdapat sedikit pori pada permukaan.

5.1 Saran

Dari hasil penelitan dan kesimpulan yang didapat maka didapat saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisa XRD pada semua sampel untuk melihat fasa yang terbentuk pada logam NPI.
2. Perlu dilakukan variasi waktu peleburan untuk mendapatkan kadar Ni dan Fe yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggarda, D. 2017. Pengaruh Variasi Jenis Fluks dalam Proses Aglomerasi Bijih laterit Terhadap kadar Ni dan Fe Serta Morfologi Aglomerat. (*Skripsi*). ITS.

Astuti, W., Zulfiadi, Z., Shofi, A dan Fajar, N. 2012. Pembuatan Nickel Pig Iron (NPI) dari Bijih Nikel Laterit Indonesia menggunakan Mini Blast Furnace. *Seminar Insinas 2012*.

Bagalino, M. 2009. Pengaruh Penambahan Reduktor Briket Kokas kadar 10%, 13%, 155 dan 20% Terhadap Produk Reaksi karbotermik Bijih Nikel Saprolit. (*Skripsi*). Universitas Indonesia.Depok.

Barkas, J. 2010. *Drivers and Risk for Nickel Demand*. 7th China Nickel Conference. Shanghai.

BPS. 2016. *Provinsi Sulawesi Tenggara dalam Angka 2016*. BPS Provinsi Sulawesi Tenggara. Pp. 245.

Brady, J.E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Jakarta: Binarupa Aksara.

Cartman, R. 2012. Nickel Pig Iron. *Euronickel Conference*. Helsinki.

Chen, G, J., Weng. 2014. Effect of Reduction Temperature on the Carbothermic Reduction Process of Laterite Ores with Bio-Coal. *Journal of Mineral Processing*. Vol. 30. Pp:143-149.

Fitri, 2012. Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium pada Temperatur780°C. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. Pp 32-46.

Herianto, E dan R, Binud. 2013. Kupola Udara untuk memproduksi NPI dari Bijih Nikel Laterit. *Majalah metalurgi*. Vol. 28. No. 2. Hal: 121-130.

Hidayat, D. 2009. Reduksi bijih laterit dari bayah provinsi Banten dengan Reduktor Batu Bara. (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Kose, S. 2010. Hydrometallurgical Processing of Lateritical Nickel Ores. (Thesis). Metallurgical and Materials Engeneering. Pp 195.

Kyle, J. 2010. *Nickel Laterit Processing Technologies-Where to Next*. Murdoch University Repository.

Li, G., Tangmin, S. 2012. Benefication of Nickeliferous Laterite by Reduction Roasting in the Presence of Sadium Sulfate. *Mineral Engineering*. Vol. 32. Pp: 19-26.

Li, S. 1999. *Study of Nickeliferrous Laterite Reduction*. (Thesis). McMaster University. Hamilton.

Liu, M., Xuewei. 2014. Novel Process of Ferronickel Nugget Production From Nickel laterite by Semi-molten State Reduction. ISIJ International. Vol. 54. No. 8. Pp; 1749-1754.

Lu, X., E, Guo., Q, Yuan., 2013. New Method to Produce FeNi Nuggets From Low grade Ore By Semi-Molten Reduction. *Mineral Engineering*. Vol. 32. Pp: 21-26.

Munasir., Triwicantoro., Zainuri, M. 2012. Uji *XRF* pada Bahan Meneral Sebagai Sumber Material. *Jurnal Penelitian Fisika*. Vol. 2. No. 1. Halaman : 20-29.

Ningsih, S. 2012. Ekspolarasi Awal Nikel Laterit di Desa Lamuntoli. *Jurnal Ilmiah MTG*. Vol. 5. No.2. Pp: 35-42.

Nurjaman, F., A, Shofia., F, bahfie. 2015. Pembuatan Spiegel Pig iron menggunakan Hot Blast Cupola. ISSN: 2354-6638.

Nukdin, E. 2012. Geologi dan Studi Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Deposit *Nikel Laterit. Jurnal Ilmiah MTG*. Vol. 5. No. 1.

Pournaderi, S. 2014. Optimization of Ferronikel Reduction from Nickel Laterite Ores. (Thesis). School of Natural and Science. Pp 195.

Prasetyo, A., Puguh. 2011. Peningkatan Kadar Nikel dan Besi dari Bijih Nikel Laterit Kadar Rendah Jenis Saprolit untuk Bahan Baku NPI. *Jurnal Metalurgi*. Vol. 26. No. 3. Pp: 123-130.

Rao, M., R, Liu. 2013. Carbothermic Reduction of Nickelferous Laterite Ores for Nickel Pig Iron Production in China. *Journal Metallurgy*. Vol. 65. No. 11

Riansyah Z, Wali. 2012. *Pengaruh Temperatur Destabilisasi 850℃, 950℃ dan 1050℃ dengan Perlakuan Sub-Zero terhadap Kekuatan Mekanik Besi Tuang Putih untuk Aplikasi Grinding Ball* (Skripsi). Jurusan Teknik Matalurgi dan Material. Universitas Indonesia. Depok. Hal 40-41.

Rusmardi. 2006. Analisa Presentase Kandungan Karbon pada Logam Baja. Jurnal Ilmiah. Vol.3. No. 1.

Sari, Y. 2013. Penentuan Kadar Nikel dalam Mineral Laterit Melalui Pemekatan dengan Metode Koperesipitas Menggunakan Cu-Pirolidin. (*Skripsi*). Universitas Negri Semarang. Pp 126.

Sujiono, E. 2014. Karakteristik Sifat Fisis Batuan Nikel di Sulawesi Selatan. *Jurnal Fisika*. Vol. 10. No. 2. Pp: 163-167.

Supriyatna, Yayat., M, Amin., Suharto. 2012. Pengaruh Reduktor pada Proses Reduksi Pelet Bijih Besi Lampung. ISSN: 2089-3582. Vol. 3. No. 1

Virman., Endang, H., Risal. 2014. Penentuan Profil Nikel Laterit Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Daerah Entrop Kota Jayapura. Vol. 5. No. 1. ISSN: 2087-0922.

Vlack, L.H.V. 1980. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Jakarta: Erlangga.

Yildrim, H., Turen, A danYucel, O. 2012. Nickel Pig Iron (NPI) Production from Domestic Lateritic Nickel Ores Using Induction Furnace. *International Iron & Steel Symposium*. 337-338.

Zhou, W., and Wang, Z.L. 2006. *Scanning Microscopy for Nanotechnology Techniques and Applications*. USA: Springer.

Zhu, D, Q., Y, Cui. 2012. Upgrading Low Nickel Content Laterite Ores Using Selective Reduction Followed by Magnetic Separation. *Internasional Journal of Mineral Processing*. Vol. 106. No. 109. Pp:1-7.

Zulhan, Z., Yusuf., Yulia., Solichin. 2012. Pemodelan Proses Pembuatan NPI dengan Blast Furnace untuk Menentukan Kebutuhan Kokas, Komposisi Produk dan Terak. *Indonesia Process Metallurgy Conference*. Pp 11.