

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah hak asasi setiap manusia yang bekerja, karena setiap aktivitas industri selalu mengandung bahaya dan risiko keselamatan dan kesehatan. Bahwa United Nations Declaration of Human Rights yang dirumuskan pada tahun 1948 di Helsinki, menyebutkan bahwa setiap orang mempunyai hak asasi untuk bekerja, bebas memilih jenis pekerjaan dan mendapatkan kondisi pekerjaan yang adil dan membuatnya sejahtera. Menurut WHO, sebagai Organisasi Kesehatan Dunia, 45% penduduk dunia dan 58% penduduk yang berusia di atas sepuluh tahun tergolong tenaga kerja. Diestimasikan sebesar 35% sampai 50% dari jumlah tenaga kerja di atas telah terbiasa terpajan dengan bahaya fisik, kimia, biologi dan juga beban fisik dan ergonomi yang melebihi kapasitasnya serta bebas psikososial yang menimbulkan stress. Hazard (bahaya) yang ditimbulkan dalam proses produksi di sebuah industri dapat bersifat fisik, kimia, biologi, mekanik, elektrik, psikologi, dan ergonomi. Dengan melakukan pengendalian yang benar, maka hazard yang terdapat dalam setiap proses produksi dapat diminimalkan. Aktivitas industri memang rentan terhadap hazard dan risk yang selalu membayangi setiap pekerja. Salah satu industri yang sedang berkembang ini adalah industri pembuat mesin penunjang smelter yang dalam pelaksanaannya merupakan mesin untuk pengolahan biji nikel. Permintaan nikel di Indonesia yang meningkat, juga meningkatkan permintaan terhadap produk dan pekerja pada industri nikel yang meningkat.

Industri nikel adalah salah satu bagian dari industri yang bertugas menjalankan produksi pembuatan dari bijih nikel laterit. Salah satu faktor penting yang ada pada pembuatan bijih nikel ini adalah pada proses pembuatan mesin penunjangnya. Industri pembuat mesin penunjang untuk pengolahan nikel ini sangat berkembang akhir ini di Indonesia, selain memiliki proses yang banyak dan bervariasi pekerja dalam industri ini selalu berhadapan dengan

bahaya dari proses perancangan dan langkah safety yang relevan dengan hazard yang ada, sesuai dengan proses alur dalam siklus produksi industri (ILO, 1998).

Dalam mengolah biji laterit tersebut beberapa mesin pendukung yang harus diperhatikan adalah mesin blower, pompa, kelistrikan dan gas berbahaya. Karena selain dapat menyebabkan kecelakaan kerja pada proses pembuatannya, mesin-mesin pendukung ini juga merupakan mesin yang sangat penting dalam pengolahan biji laterit tersebut sehingga harus dapat dan mampu bekerja dengan baik sewaktu proses pengerjaannya.

Hal ini menyebabkan faktor K3 penting untuk tidak dianggap remeh karena selain berkaitan dengan pertimbangan efektivitas dan efisiensi produksi juga dapat mempengaruhi hal lainnya yang berhubungan dengan keuntungan dari segi ekonomi. Salah satu kendala yang dihadapi pada saat bekerja di proses pembuatan mesin pendukung feni smelter adalah dikarenakan mesin yang tidak bekerja dengan baik sehingga dapat menimbulkan kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh mesin tersebut.

Pemasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah mengenai K3 yang digunakan dalam pembuatan mesin-mesin yang merupakan mesin pendukung untuk melakukan pengolahan biji nikel laterit menggunakan mesin feni smelter (khususnya mesin blower, pompa, kelistrikan, gas berbahaya), dimana K3 bertujuan untuk mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (zero accident). Penerapan konsep ini tidak boleh dianggap sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya perusahaan, melainkan harus dianggap sebagai bentuk investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang. Karena memiliki hazard dan risk yang beragam dan tak terhitung jumlahnya, maka perlu dilakukan upaya pengendalian dengan sistem manajemen K3 dalam setiap proses pembuatan mesin penunjang smelter.

Konsep ini diharapkan mampu menihilkan kecelakaan kerja sehingga mencegah terjadinya cacat atau kematian terhadap pekerja, kemudian mencegah terjadinya kerusakan tempat dan peralatan kerja. Konsep ini juga mencegah

pencemaran lingkungan hidup dan masyarakat sekitar tempat, serta diharapkan pula dengan mengetahui potensi kecelakaan kerja yang terdapat selama proses pembuatan mesin pendukungan ini dapat menjadi acuan untuk membuat sistem manajemen K3 yang baik sehingga tak hanya menguntungkan pekerja sebagai objek dan risiko tetapi juga menguntungkan perusahaan karena dapat meminimalisasi kerugian yang timbul akibat kehilangan aset perusahaan, kehilangan pekerja yang terampil dan tercemarnya lingkungan pabrik akibat limbah yang tidak ditangani dengan baik.

1.2 Perumusan Masalah

Penulisan mengenai K3, dimaksudkan untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang K3. Berdasarkan hal tersebut, dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja pada pembuatan mesin, pompa, kelistrikan, dan gas / cairan berbahaya yang terdapat pada FeNi Smelter?
2. Bagaimana menentukan tingkat risiko dalam kerja dengan mesin blower, pompa, kelistrikan, dan gas / cairan berbahaya yang terdapat pada FeNi Smelter?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan di atas, maka tujuan penelitian yang ingin diperoleh adalah untuk mengetahui jenis – jenis dan tingkat potensi kecelakaan kerja yang mempengaruhi pembuatan mesin, pompa, kelistrikan, dan gas berbahaya yang terdapat pada FeNi Smelter

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kesehatan dan keselamatan kerja terhadap kecelakaan kerja pada mesin blower, pompa, kelistrikan, dan gas berbahaya yang terdapat pada FHN Smelter.

2. Bagi Perusahaan

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi masukan yang bermanfaat terutama yang menyangkut tentang kesehatan dan keselamatan kerja yang sangat berguna bagi para pembuat dan perancang mesin di perusahaan.

3. Sebagai tugas akhir atau sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri Universitas Katolik Darma Cendika Surabaya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi:

- Obyek yang diteliti adalah mesin blower, pompa, kelistrikan, dan gas berbahaya.
- Tidak dilakukan analisis biaya terhadap implementasi K3 pada mesin blower, pompa, kelistrikan, dan gas berbahaya.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang hal hal yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian dan permasalahan yang akan diteliti serta penentuan tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini, juga disertai dengan batasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang teori- teori mengenai kesehatan dan keselamatan kerja yang diusulkan berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang langkah langkah dalam obyek penelitian yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja serta dengan penjelasannya.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Menjelaskan tentang informasi dan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian. Selain itu, dijelaskan pula cara cara pengolahan datanya untuk menyelesaikan permasalahan yang ada sesuai dengan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang penutup yang berisikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh dalam penelitian serta saran strategi yang dapat diberikan bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja karyawannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Keselamatan Dan Kesehatan Kerja

Menurut Mangkunegara (2002), keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya, dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budaya untuk menuju masyarakat adil dan makmur.

Menurut Mondy (2008) K3 adalah perlindungan karyawan dari luka yang disebabkan oleh kecelakaan yang terkait dengan pekerjaan. Resiko keselamatan merupakan aspek dari lingkungan kerja yang dapat menyebabkan kebakaran, ketakutan aliran listrik, terpotong, luka memar, keseleo, patah tulang, kerugian alat tubuh, penglihatan dan pendengaran.

Menurut Simanjuntak (1994), K3 adalah kondisi keselamatan yang bebas dari resiko kecelakaan dan kerusakan dimana kita bekerja yang mencakup tentang kondisi bangunan, kondisi mesin, peralatan keselamatan, dan kondisi pekerja .

2.2 Dasar Pemberlakuan

Pemerintah memberikan jaminan kepada karyawan dengan menys Undangundang Tentang Kecelakaan Tahun 1947 No. 36, yang dinyatakan berlaku pada tanggal 6 Januari 1951, kemudian disusul dengan Peraturan Pemerintah Tentang Pernyataan berlakunya perakeralan tahun 1947 (PP No. 2 Tahun 1948), yang merupakan titik tentang disadarinya arti penting keselamatan kerja di dalam perusahaan.

Penerapan program K3 dalam perusahaan akan selalu terkait dengan landasan hukum penerapan program K3 itu sendiri. Landasan hukum tersebut memberikan pijakan yang jelas mengenai aturan yang menentukan bagaimana K3 harus diterapkan.

Berdasarkan UU No. 1 tahun 1970 pasal 3 ayat 1, syarat yang juga menjadi tujuan pemerintah membuat aturan adalah :

- a. Mencegah dan mengurangi kecelakaan.
- b. Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran

- c. Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan.
- d. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya.
- e. Memberi pertolongan pada kecelakaan.
- f. Memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja.
- g. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar radiasi, suara dan getaran.
- h. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai.
- i. Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik.
- j. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup

2.3 Tujuan Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja

Program K3 bertujuan untuk memberikan iklim yang kondusif bagi para pekerja untuk berprestasi, setiap kejadian baik ~~akut~~ dan penyakit kerja yang ringan maupun fatal harus dipertanggungjawabkan oleh **pihak** yang bersangkutan (Rika Ampuh Hadiguna, 2009). Sedangkan menurut Rizky Argama (2006), tujuan dari dibuatnya program K3 adalah untuk mengurangi biaya perusahaan ~~pada~~ bila timbul kecelakaan kerja dan penyakit akibat hubungan kerja. Beberapa tujuan program K3 adalah:

1. Mencegah kerugian fisik dan finansial baik dari pihak karyawan dan perusahaan
2. Mencegah terjadinya gangguan terhadap produktivitas perusahaan
3. Menghemat biaya premi asuransi
4. Menghindari tuntutan hukum dan sebagai tanggung jawab sosial perusahaan kepada karyawannya

2.4 Penyebab Kecelakaan Kerja

Menurut Mangkunegara (2008) ~~faktor~~ faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja, yaitu:

1. Keadaan Tempat Lingkungan Kerja
 - a. Penyusunan dan penyimpanan barang yang berbahaya kurang diperhitungkan keamanannya.
 - b. Ruang kerja yang terlalu padat dan sesak.
 - c. Pembuangan kotoran dan limbah yang tidak pada tempatnya.
2. Pengaturan Udara
 - a. Pergantian udara di ruang kerja yang tidak baik.
 - b. Suhu udara yang tidak dikondisikan pengaturannya.
3. Pengaturan Penerangan
 - a. Pengaturan dan penggunaan sumber cahaya yang tidak tepat.
 - b. Ruang kerja yang kurang cahaya, remang.
4. Pemakaian Peralatan Kerja
 - a. Pengamanan peralatan kerja yang sudah usang atau rusak.
 - b. Penggunaan mesin, alat elektronik tanpa pengamanan yang baik.
5. Kondisi Fisik dan Mental Pegawai
 - a. Stamina pegawai yang tidak stabil.
 - b. Emosi pegawai yang tidak stabil, kepribadian pegawai yang rapuh, cara berpikir dan kemampuan persepsi yang lemah, motivasi kerja rendah, sikap pegawai yang ceroboh, kurang cermat, dan kurang pengetahuan dalam penggunaan fasilitas kerja terutama fasilitas kerja yang membawa risiko bahaya.

2.5 Usaha Mencapai Keselamatan Kerja

Menurut Rubiandini (2001) usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencapai keselamatan kerja dan menghindari kecelakaan kerja antara lain

1. Analisis Bahaya Pekerjaan (Job Hazard Analysis)

Job Hazard Analysis adalah suatu proses untuk mempelajari dan menganalisa suatu jenis pekerjaan kemudian membagi pekerjaan tersebut ke dalam langkah-langkah menghilangkan bahaya yang mungkin terjadi.

Dalam melakukan analisis bahaya pekerjaan, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan:

a. Melibatkan Karyawan.

Hal ini sangat penting untuk melibatkan karyawan dalam proses job hazard analysis. Mereka memiliki pemahaman yang unik atas pekerjaannya, dan hal tersebut merupakan informasi yang tak ternilai untuk menemukan suatu bahaya.

b. Mengulas Sejarah Kecelakaan Sebelumnya.

Mengulas dengan karyawan mengenai sejarah kecelakaan dan cedera yang pernah terjadi, serta kerugian yang ditimbulkan, bersifat penting. Hal ini merupakan indikator utama dalam menganalisis bahaya yang mungkin akan terjadi dilingkungan kerja

c. Melakukan Tinjauan Ulang Persiapan Pekerjaan.

Berdiskusi dengan karyawan mengenai bahaya yang ada dan mereka ketahui di lingkungan kerja. Lakukan analisis dengan pekerja untuk menemukan ide atau gagasan yang bertujuan untuk mengidentifikasi atau mengontrol bahaya yang ada.

d. Membuat Daftar, Peringkat, dan Menetapkan Prioritas untuk Pekerjaan Berbahaya.

Membuat daftar pekerjaan yang berbahaya dengan risiko yang tidak dapat diterima atau tinggi, berdasarkan yang paling mungkin terjadi yang paling tinggi tingkat risikonya. Hal ini merupakan prioritas utama dalam melakukan job hazard analysis.

e. Membuat Langkah-langkah Pada Suatu Pekerjaan.

Tujuan dari hal ini adalah agar karyawan mengetahui langkah-langkah yang harus dilakukan dalam mengerjakan suatu pekerjaan, sehingga kecelakaan kerja dapat diminimalisir.

2. Manajemen Resiko (Risk Management)

Risk Management dimaksudkan untuk mengantisipasi kemungkinan kerugian / kehilangan (waktu, produktivitas, dan lain) yang berkaitan dengan program keselamatan dan penanganan hukum

3. Keselamatan pekerja (Safety Engineer)

Memberikan pelatihan, memberdayakan supervisor/manager agar mampu mengantisipasi/melihat adanya situasi kurang 'aman' dan menghilangkannya

4. Ergonomika

Ergonomika adalah suatu studi mengenai hubungan antara manusia dengan pekerjaannya, yang meliputi tugas yang harus dikerjakan, alat dan perkakas yang digunakan, serta lingkungan kerjanya.

Selain keempat hal diatas, cara lain yang dapat dilakukan adalah

1. Perputaran pekerjaan / Job Rotation
2. Alat pelindung diri / Personal protective equipment
3. Penggunaan poster / propaganda
4. Perilaku yang berhati-hati.

2.6 Masalah Kesehatan Karyawan

Beberapa kasus yang menjadi masalah kesehatan bagi para karyawan adalah (Julian, 2012)

a. Kecanduan alkohol & penyalahgunaan obat

Akibat dari beban kerja yang terlalu berat, para karyawan terdapat menggunakan bantuan dari obat-obatan dan meminum alkohol untuk menghilangkan stress yang mereka rasakan untuk mencegah hal ini, perusahaan dapat melakukan pemeriksaan rutin kepada karyawan tanpa pemberitahuan sebelumnya dan perusahaan tidak memberikan kompromi dengan hal yang merusak dan penurunan kinerja, misal: absen, tidak rapi, kurang koordinasi psikomotor berkurang

b. Tekanan Pikiran / Stres

Tekanan pikiran adalah suatu reaksi ganjil dari tubuh terhadap tekanan yang diberikan kepada tubuh tersebut. Banyak sekali yang menjadi penyebab stress, misal: faktor organisasional, seperti budaya perusahaan itu sendiri, dan kondisi kerja, masalah keluarga dan masalah finansial

c. Kelelahan Bekerja.

Kelelahan bekerja adalah kondisi dimana kehilangan energi psikis maupun fisik. Biasanya hal itu disebabkan oleh situasi kerja yang tidak mendukung atau tidak sesuai dengan kebutuhan dan harapan. Kelelahan ini mengakibatkan kelelahan emosional dan penurunan motivasi kerja pada pekerja. Biasanya dialami dalam bentuk kelelahan fisik, mental, dan

emosional yang intens (beban psikologis berpindah ke tampan, misalnya mudah pusing, tidak dapat berkonsentrasi, gampang sakit) dan biasanya bersifat kumulatif

2.7 Nikel Dan Mineralnya

Nikel adalah logam berwarna putih keperakan, berkilau dan sedikit bersifat magnetik. Membentuk paduan dengan besi di dalam bumi, pada kebanyakan meteorit, dan ditemukan hampir murni dalam kerak bumi. Pada umumnya ditemukan berwujud senyawa oksida maupun sulfida (Frank, 2012).

Secara umum, nikel terbagi atas dua jenis mineral yaitu laterit dan sulfida. Biji Nikel Laterit secara geografis ditemukan di daerah tropis dan sub tropis, dimana terdapat hujan yang melimpah dan pembusukan vegetasi yang menyediakan air tanah bersifat asam yang efektif untuk pembentukan batuan kaya akan olivine (peridotite, pyroxenit, dan dunite) dengan kandungan utamanya adalah nikel. Air tanah yang bersifat asam menyerang dan melarutkan magnesium, besi, cobalt, dan nikel, sementara silica menghambat secara koloid di dalam larutan. Karena air tanah tidak terlalu asam, sebagian dari besi teroksidasi menjadi ferric iron dan mengendap menjadi ferric goethite. Cobalt juga mengendap, sebesar bagian dari besi. Karena besi yang tersapu air tanah disaring melalui batuan dan tanah, air tanah sebagian dinetralkan oleh magnesium yang terletak dalam batuan dan nikel, lalu diendapkan sebagai hydrous nickel-magnesium silicate (saprolite) (Golightly 1979, Burger 1996). Sedangkan untuk bijih nikel sulfida umumnya terbentuk akibat pencampuran magma cair dari gunung berapi dengan lapisan batuan dari bumi. Pembentukan sulfida yang kaya unsur metal terjadi karena proses pembekuan dan adanya presipitasi juga. Sumber sulfur dari bijih jenis ini berasal dari magma itu sendiri atau dari batuan yang ada sebelum itu yang ikut tercampur yang memang mengandung sulfida. Mineral yang sangat umum dari bijih nikel ini adalah pentlandite, selain itu ada juga pyrrhotite dan juga kalkopirit. Sulfida yang ditambang untuk mendapatkan nikel mengandung nikel sebesar 31,5% (Frank Crundwell dkk, 2011).

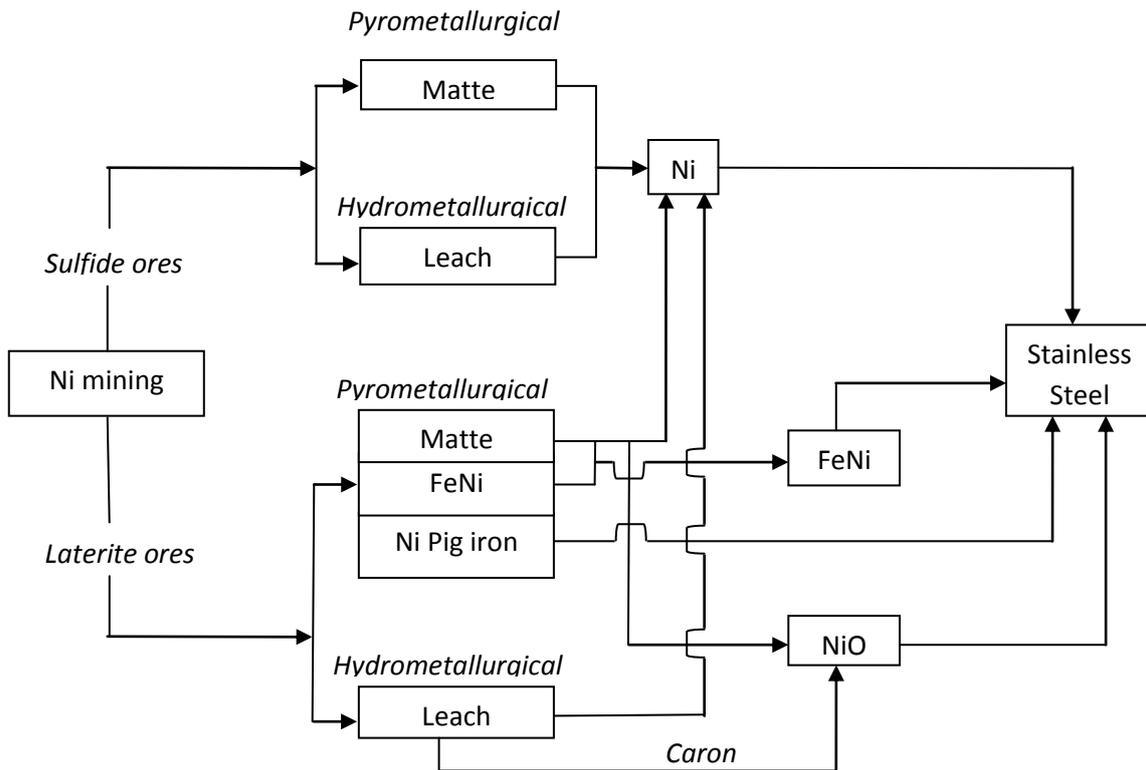
Berdasarkan kandungan Fe dan MgO, bijih nikel laterit yang telah diproses secara komersial dengan rotary kiloelectric furnace lebih lanjut diklarifikasikan ke dalam 5 kategori.

- a. Bijih saprolit dengan kandungan Fe rendah (~~42%~~) dan MgO tinggi (>25-40%)
- b. Bijih limonit dengan kandungan MgO rendah (~~15%~~), dibagi menjadi :
 - Fe lebih tinggi (>30-40%)
 - Fe lebih rendah (<30-40%)
- c. Bijih Transisi yang mengandung ~~12%~~ Fe, dibagi menjadi :
 - MgO lebih tinggi (20-35%)
 - MgO lebih rendah (1-25%)

(Dor et al. 1979, Diaz et al. 1988 dan 2004, Utigard 1994, Zevgolis et al. 2010).

2.8 Pemrosesan Bijih Nikel Laterit

Nikel diekstraksi dari bijih laterit dengan rute hidrometalurgi atau pyrometallurgy, tergantung pada sifat dari ~~gore~~ tersebut (gambar 2.1.) Secara umum, laterit silikat dengan kandungan magnesium yang tinggi dapat diekstrak dengan cara reduksi-roasting lalu dilanjutkan dengan amoniak leaching atau dengan proses pyrometallurgy sedangkan bijih limonit dengan kandungan magnesium yang rendah besi yang tinggi biasanya diekstraksi dengan cara proses hidrometalurgi (Diaz et al, 1988). Karena lapisan limonit sangat tidak cocok untuk ditingkatkan kadarnya, sedangkan peningkatan kadar untuk lapisan saprolit juga terbatas untuk peningkatan konsentrasi nikel. Hal ini merupakan perbedaan utama antara bijih laterit dan bijih sulfida yang dapat dibenefisiasi dari 10% menjadi 28%.



Gambar 21 Rute Proses Pemrosesan Bijih Nikel Laterit

2.9 Pengolahan Nikel Secara Pyrometallurgy

Fungsi utama dari proses pyrometallurgi (Ferronickel dan matte) bertujuan untuk memisahkan unsur nikel dan cobalt dari besi, silicon, dan magnesium, yang merupakan unsur utama yang menyertai unsur nikel didalam bijih laterit.

Mineralogi yang kompleks, sifat heterogen dan kandungan nikel rendah pada nikel laterit tidak hanya membuat benefisiasi fisik hampir mustahil dilakukan tapi juga membuat ekstraksi nikel dari bijih laterit cukup sulit (Kot 1991). Selain itu, temperatur tinggi yang diperlukan untuk proses pyrometallurgy atau tingginya konsumsi bahan kimia untuk proses leaching bijih pada proses hidrometalurgi menyebabkan pengolahan bijih laterit relatif kompleks (Eckelmar 2010).

Untuk bijih yang mengandung kadar nikel lebih besar sama dengan 1,5% dapat dilakukan ekstraksi dengan pyrometallurgy. Sedangkan untuk kadar dibawahnya dilakukan proses hidrometallurgy dengan direndam larutan asam.

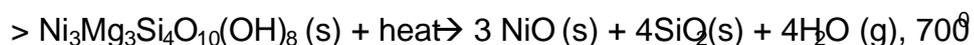
Menurut Dominguez dkk (2013), rute pengolahan bijih nikel laterit secara pyrometallurgy terdiri dari 5 tahap proses yaitu:

1. Penambangan : Bijih nikel laterit terbentuk dekat dengan permukaan tanah, dengan begitu laterit dengan mudah diambil.
2. Drying dan roasting : Karena bijih nikel laterit kebanyakan ditemukan di daerah dengan iklim tropis yang berada disekitar garis ekuator, bijih nikel laterit mengandung kelembapan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, diperlukan proses untuk menghilangkan kelembapan dengan cara drying atau calcining. Sebelum proses peleburan (smelting) bijih biasanya dilakukan roasting di dalam rotary kiln. Dua langkah ini dan langkah selanjutnya merupakan langkah-langkah yang memerlukan energi paling besar seperti gas alam, karbon, dan listrik.
3. Smelting : Electric arc furnace biasanya digunakan untuk proses peleburan (smelting). Nikel matte didapatkan akibat adanya penambahan sulfur sehingga oksida nikel dapat berubah menjadi nikel sulfida matte. Nikel matte bisa diberikan perlakuan yang sama meskipun berasal dari bijih nikel sulfida.
4. Pemurnian (refining) : Ada beberapa cara pemurnian yang dapat dilakukan bergantung dari hasil akhir yang ingin dicapai.

Hasil ekstraksi nikel ada beberapa jenis yaitu ferronickel, nikel matte, dan nikel logam. Ferronickel adalah paduan besi dan nikel dengan kadar Nikel dibawah 20% dan diatas 1,5%. Pada umumnya yang dapat dihasilkan langsung dari blast furnace adalah pig iron yang mengandung nikel antara 1,5% Ni. Nikel matte dihasilkan dari ekstraksi senyawa nikel yang berupa sulfida.

Persamaan reaksi ekstraksi nikel dari laterit menurut buku "Extractive Metallurgy of Nickel and Cobalt" ditunjukkan pada reaksi :

a. Terjadi dekomposisi garnet dan goethite (ore)



b. Reaksi reduksi oleh gas CO



c. Pembentukan Slag menurut Bowles (1929):

- > $2\text{FeO (s)} + \text{SiO}_2\text{(s)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{SiO}_4$
- > $\text{MgO (s)} + \text{SiO}_2\text{(s)} \rightarrow \text{MgSiO}_3\text{(s)}$
- > $\text{CaO (s)} + \text{SiO}_2\text{(s)} \rightarrow \text{CaSiO}_3\text{(s)}$
- > $\text{MgSiO}_3\text{(s)} + \text{CaSiO}_3\text{(s)} \rightarrow \text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$

2.10 Mini Blast Furnace (MBF)

Mini Blast Furnace ini dibuat dengan mengkombinasikan cara kerja kupola dan Blast Furnace, dengan kata lain prinsipnya ialah dengan cara current flow (Fakhreza 2014). Blast Furnace umumnya terdiri dari baja silinder yang dilapisi dengan batu tahan api (refractory) yang tidak mengandung logam seperti batu bata tahan api. Lapisan diperuncing pada bagian atas dan bagian bawah. Pada bagian yang lebih rendah, disebut bosh yang dilengkapi dengan beberapa lubang pembuka atau tuyers yang dilewati tiupan aliran udara panas. Dekat dasar dari bosh terdapat lubang tempat mengalirnya logam ketika meleleh di dalam furnace akan dituang (tapped). Dan di atas lubang ini terdapat tuyers terdapat lubang lain untuk mengeluarkan slag. Puncak furnace yang memiliki tinggi sekitar 4,78 m, terdapat pipa pembuangan gas dan separator berbentuk katup dengan pengungkit untuk tempat pengisian material yang akan dicor. Gas buang dari puncak tanur akan dimasukkan ke Wet Scrubber (gambar 2.4), dan sebagian gas panas diinjeksikan kembali ke bagian bawah furnace.

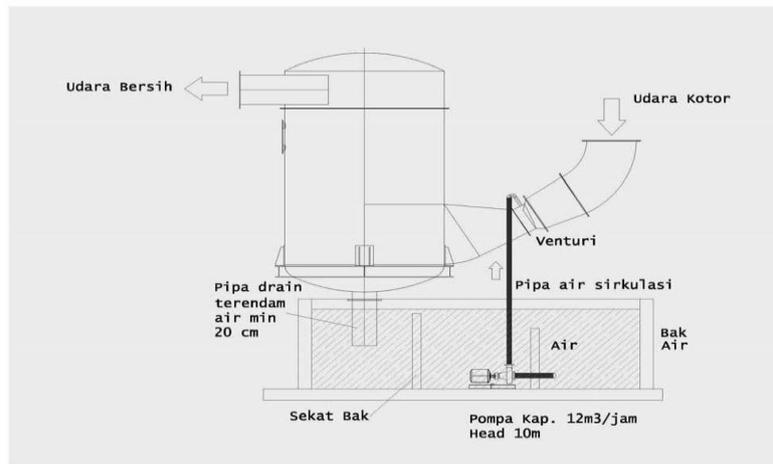
MBF memiliki desain yang mirip seperti kupola untuk peleburan besi. Oleh karena itu, daerah-daerah yang ada pada MBF juga mirip seperti daerah-daerah yang ada pada kupola (Fakhreza 2014). Terdapat lima area di dalam kupola. Area area ini antara lain daerah well, pembakaran, reduksi, pelelehan dan daerah pemanasan awal. Daerah well terdapat pada bagian bawah kupola. Daerah ini menampung logam cair hingga kupola dilakukan tapping. Kedalam well mempengaruhi temperatur logam yang ditapping. Logam cair yang lebih panas disebabkan oleh daerah well yang dangkal. Pemisahan slag dan mengambangnya slag terjadi di daerah well ini (Stephen 2000)



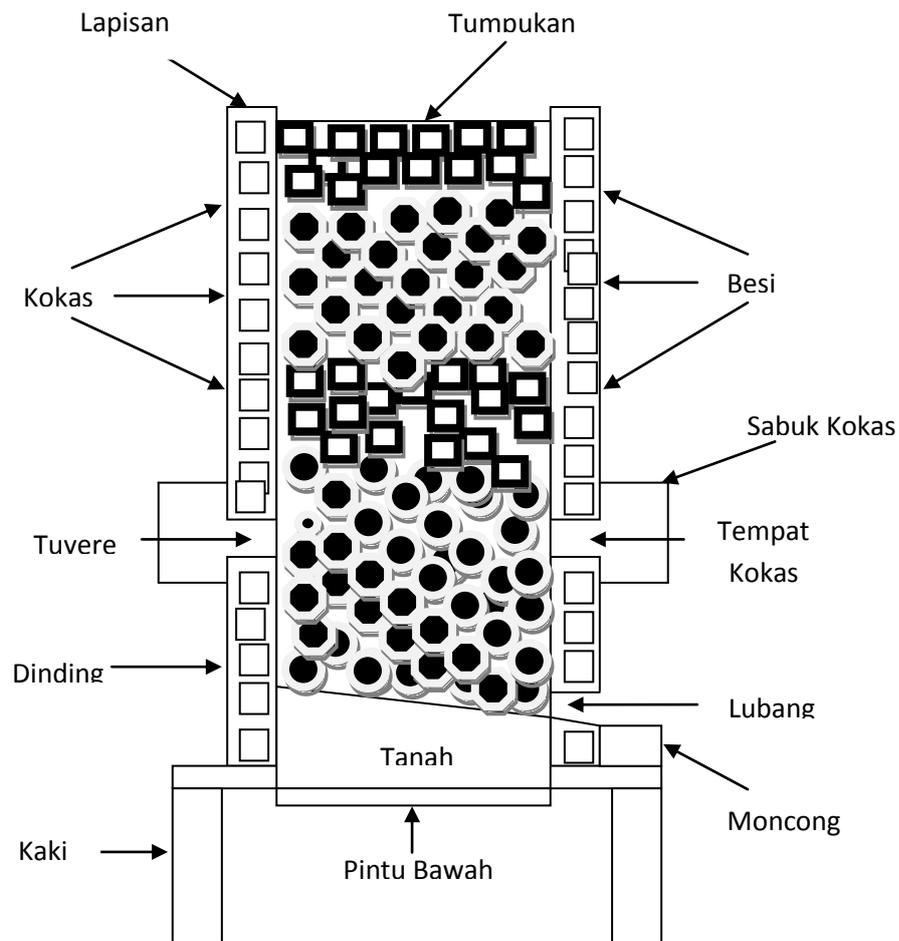
Gambar 2.2 Hydrocyclone



Gambar 2.3 Conveyor Belt



Gambar 2.4 Tampak Dalam Wet Scrubber



Gambar 25 Sketsa Kupola Untuk Peleburan Besi (Stephen, 2000)

Daerah pembakaran (combustion zone) adalah suatu daerah dimana gas masuk ke dalam kupola dan bereaksi dengan kokas untuk membentuk karbon monoksida dan karbon dioksida. Panas dari reaksi dapat memanaskan logam dan membentuk gas yang melelehkan dan memansi awal material yang masuk. Hal ini adalah daerah dimana energi termal atau panas terbentuk.

Daerah pelelehan adalah daerah dari atas dasar kokas sampai dimana logam benar-benar mencair. Daerah pelelehan terdapat diantara daerah reduksi dan daerah pemanasan awal (Stephen, 2000)

2.11 Fishbone Diagram

Fishbone diagram sering juga disebut Cause and Effect diagram atau Ishikawa diagram diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai salah satu alat kualitas dasar

Fishbone diagram akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui **brainstorming**. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, **manpower** manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui **brainstorming** (Purba, 2005)

Berikut langkah- langkah dalam analisis menggunakan **fishbone** diagram:

a. Menyepakati pernyataan masalah

Sepakati sebuah pernyataan masalah. Pernyataan masalah ini diinterpretasikan sebagai “effect”, atau secara visual dalam fishbone seperti “kepala ikan”, Gambarkan sebuah kotak mengelilingi tulisan pernyataan masalah tersebut dan buatlah **garis** horisontal panjang menuju ke arah kotak.

b. Mengidentifikasi kategori **kategori**

Dari garis horisontal utama, buat garis diagonal yang menjadi “cabang”. Setiap cabang mewakili “sebab utama” dari masalah yang ditulis. Sebab ini diinterpretasikan sebagai **cause**, atau secara visual dalam fishbone seperti “tulang ikan”.

c. Menemukan sebab-sebab potensial dengan **brainstorming**

Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui **brainstorming**. Saat sebab-sebab dikemukakan, tentukan bersama-sama di mana sebab tersebut harus ditempatkan dalam fishbone diagram, yaitu tentukan di bawah kategori yang mana **sebab** tersebut harus ditempatkan. Sebab-sebab ditulis dengan garis horisontal sehingga banyak “tulang” kecil keluar dari garis diagonal. Pertanyakan kembali “Mengapa sebab itu muncul?” sehingga “tulang” lebih kecil (sub-sebab) keluar dari garis horisontal **atau** sebab bisa ditulis di beberapa tempat jika sebab tersebut berhubungan dengan beberapa kategori.

d. Mengkaji dan menyepakati sebab-sebab yang paling mungkin

Setelah setiap kategori diisi carilah sebab yang paling mungkin di antara semua sebab-sebab dan sub-subnya. Jika ada sebab-sebab yang muncul pada lebih dari satu kategori, kemungkinan merupakan petunjuk sebab yang paling mungkin.

2.12 Metode Pairwise Comparison

Dalam kajian bidang Sistem Penunjang Keputusan (SPK) dikenal sebuah metode yang disebut AHP. Analisis hierarki Proses (AHP) adalah suatu metode yang sering digunakan untuk menilai tindakan yang dikaitkan dengan perbandingan bobot kepentingan antara faktor serta perbandingan beberapa alternatif pilihan. AHP merupakan pendekatan dasar dalam pengambilan atau membuat keputusan. Tujuan dari AHP ini adalah menyelesaikan masalah yang kompleks atau tidak berkerangka pada data dan informasi statistik dari masalah yang dihadapi sangat sedikit, mengatasi antara nasionalitas dan intuisi, memilih yang terbaik dari sejumlah alternatif yang telah dievaluasi dengan memperhatikan beberapa kriteria (Togue, 2008)

Dalam melakukan evaluasi kriteria biasanya menggunakan metode "Pairwise Comparison". Dalam penerapan metode ini nantinya akan berisi perkalian matrix dengan berbagai aturan yang sudah ditetapkan.

Langkah-langkah "Pairwise Comparison" AHP adalah

1. Pengambilan data dari obyek yang diteliti.
2. Menghitung data dari bobot perbandingan berpasangan responden dengan metode "Pairwise Comparison" AHP berdasar hasil kuisisioner.
3. Menghitung rata-rata rasio konsistensi dari masing-masing responden.
4. Pengolahan dengan metode "Pairwise Comparison" AHP.
5. Setelah dilakukan pengolahan tersebut, maka dapat disimpulkan adanya konsistensi dengan tidak, bila data tidak konsisten maka diulangi lagi dengan pengambilan data seperti semula, namun bila sebaliknya maka digolongkan data terbobot yang selanjutnya dapat dicari nilai beta (b).

2.13 Metode Pendekatan Delphi

Metode Delphi adalah modifikasi dari teknik *brainwriting* dan survei. Dalam metode ini, panel digunakan dalam pergerakan komunikasi melalui beberapa kuisisioner yang tertuang dalam tulisan untuk memperoleh opini ahli. Objek dari metode ini adalah untuk memperoleh konsensus yang paling reliabel dari sebuah grup ahli (Foley, 1972)

Pendekatan ini memiliki tiga grup yang berbeda yaitu : Pembuat keputusan, staf, dan responden. Pembuat keputusan akan bertanggungjawab terhadap keluaran dari kajian Delphi. Sebuah grup kerja yang terdiri dari staf dan pembuat keputusan, bertugas mengembangkan dan menganalisis semua kuisisioner, evaluasi pengumpulan data dan merevisi kuisisioner yang diben. Grup staf dipimpin oleh kordinator yang harus memiliki pengalaman dalam desain dan mengerti metode delphi serta mengenal problem area. Tugas staf kordinator adalah mengontrol staf dalam pengetikan mailing kuisisioner, membagi dan proses hasil serta penjadwalan pertemuan. Responden adalah orang yang ahli dalam masalah dan siapa saja yang setuju untuk menjawab kuisisioner.

Langkah langkah pembuatan delphi adalah dengan cara mengumpulkan para pembuat keputusan melalui proses delphi dengan identifikasi isu dan masalah pokok yang hendak diselesaikan. Kemudian kuisisioner dibuat dan para peserta teknik delphi, para ahli, mulai dipilih. Kuisisioner yang telah dibuat dikirim kepada para ahli, baik didalam maupun luar organisasi, yang di anggap mengetahui dan menguasai dengan baik permasalahan yang dihadapi.

Para ahli diminta untuk mengisi kuisisioner yang dikirim, menghasilkan ide dan alternatif solusi penyelesaian masalah, serta mengirim kembali kuisisioner kepada pemimpin kelompok, para pembuat keputusan. Setelah tim khusus dibentuk merangkum seluruh respon yang muncul dan mengirimkan kembali hasil rangkuman kepada partisipasi teknik ini.

Pada tahap ini, partisipan diminta untuk menelaah ulang hasil rangkuman, menetapkan skala prioritas atau memperingkatkan alternatif solusi yang dianggap terbaik dan mengembalikan seluruh hasil rangkuman beserta masukan terakhir dalam periode waktu tertentu. Proses ini kembali diulang sampai para pembuat keputusan telah mendapatkan informasi yang dibutuhkan guna mencapai kesepakatan untuk menentukan satu alternatif solusi atau tindakan terbaik.