

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK
PEMBUATAN ALUMINIUM OKSIDA
KAPASITAS 300.000 TON PER TAHUN**



Siti Sarah

NIM. 03031181621115

Hendri Prasetyo

NIM. 03031281621041

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

SKRIPSI

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ALUMINIUM OKSIDA KAPASITAS 300.000 TON PER TAHUN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Siti Sarah

NIM. 03031181621115

Hendri Prasetyo

NIM. 03031281621041

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN
ALUMINIUM OKSIDA KAPASITAS 300.000 TON PER TAHUN**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Siti Sarah 03031181621115
Hendri Prasetyo 03031281621041

Indralaya, Juli 2020

Pembimbing,



Ir. Hj. Rusdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia




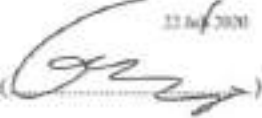
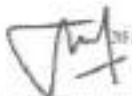
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium Oksida Kapasitas 300.000 Ton Per Tahun" telah dipertahankan Siti Sarah dan Hendri Prasetyo di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Juli 2020.

Inderalaya, Juli 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Susila Aritu, DEA
NIP. 196010111985032002 :  (.....^{22 Juli 2020})
2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP. 197503261999032002 :  (.....^{22 Juli 2020})
3. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001 :  (.....^{22 Juli 2020})

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Sarah
NIM : 03031181621115
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium
Oksida Kapasitas 300.000 Ton per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya Saya dan partner atas nama Hendri Prasetyo didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini Saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, 24 Juli 2020



Siti Sarah

NIM. 03031181621115

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hendri Prasetyo
NIM : 03031281621041
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium
Oksida Kapasitas 300.000 Ton per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya Saya dan partner atas nama Siti Sarah didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini Saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, 24 Juli 2020



Hendri Prasetyo

NIM. 03031281621041

ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ALUMINIUM OKSIDA,
KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 14 Juli 2020

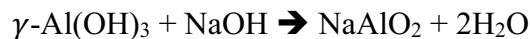
Hendri Prasetyo dan Siti Sarah; Dibimbing oleh Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi+200 Halaman, 16 tabel, 6 gambar, 3 lampiran

ABSTRAK

Pabrik pembuatan aluminium oksida dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan pada tahun 2024 berlokasi di Desa Piasak Tayan Hilir Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat, dengan luas area 13,96 ha. Proses pembuatan aluminium oksida ini mengacu pada WO2019086792, dimana metode proses yang digunakan adalah proses Bayer. Reaksi berlangsung dalam *continuous stirred tank reactor* (145 °C; 4,1 atm), *crystallizer* (50°C; 1 atm), dan *calciner* (1100°C; 1 atm),



Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur utama. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan total karyawan sebanyak 371 orang. Pabrik pembuatan aluminium oksida layak didirikan karena memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- *Total Capital Investment* : US\$ 96.091.844,16
- *Pay Out Time* : 2,19 Tahun
- *Rate of Return of Investment* : 41,74 %
- *DCF-ROR* : 49,74 %
- *Break Event Point* : 39,65 %
- *Service Life* : 11 Tahun

Kata Kunci: Aluminium oksida, Proses Bayer, *Line and Staff*, Analisa Ekonomi

Indralaya, Juli 2020

Mengetujui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195811031986031103

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.
NIP. 195608311984032002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulisan tugas akhir yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium Oksida, Kapasitas 300.000 ton/tahun dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, bantuan dan bimbingan banyak didapatkan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Syaiful, DEA., selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Seluruh Staff Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Orang tua, keluarga, teman-teman, dan seluruh pihak yang terlibat dan turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Indralaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Aluminium Oksida.....	2
1.3. Proses Pembuatan Aluminium Oksida	3
1.4. Sifat-sifat Fisika	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	9
2.2. Penentuan Kapasitas Produksi	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku	11
2.4. Pemilihan Proses	12
2.5. Uraian Proses Pembuatan Aluminium Oksida	13
BAB III LOKASI DAN LETAK PERALATAN PABRIK	17
3.1. Lokasi Pabrik.....	17
3.2. Tata Letak Pabrik	19
3.3. Luas Pabrik.....	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	26
4.1. Neraca Massa	26
4.2. Neraca Panas	34

BAB V	UTILITAS	39
5.1.	Unit Pengadaan Air	39
5.2.	Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	44
5.3.	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	44
5.3.	Unit Pengadaan Listrik	45
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	48
BAB VI	SPESIFIKASI PERALATAN	51
BAB VII	ORGANISASI PERUSAHAAN	88
7.1.	Bentuk Organisasi Perusahaan	88
7.2.	Struktur Organisasi Perusahaan	88
7.3.	Tugas dan Wewenang	89
7.4.	Kepegawaian	94
7.5.	Sistem Kerja	94
7.6.	Penentuan Jumlah Karyawan	95
BAB VIII	ANALISA EKONOMI	101
8.1.	Keuntungan (<i>Profitability</i>)	102
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	103
8.3.	Total Modal Akhir	104
8.4.	Laju Pengembalian Modal (<i>Rate of Return</i>)	106
8.5.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	107
BAB IX	KESIMPULAN	110

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Sifat Fisika Udara.....	7
Tabel 2.1. Data Impor Aluminium Oksida.....	10
Tabel 2.2. Perbandingan Proses Pembuatan Aluminium Oksida.....	12
Tabel 3.1. Luas Area Pabrik.....	21
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas.....	39
Tabel 5.2. Total Kebutuhan Air.....	43
Tabel 5.3. Total Kebutuhan <i>Refrigerant</i>	44
Tabel 5.4. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 100°C.....	44
Tabel 5.5. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 162°C.....	44
Tabel 5.6. Total Kebutuhan <i>Steam</i>	45
Tabel 5.7. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	45
Tabel 5.8. Total Kebutuhan Bahan Bakar.....	50
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift.....	95
Tabel 7.2. Rincian Jumlah Karyawan Pabrik.....	97
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal TCI.....	103
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik Impor Aluminium Oksida di Indonesia	10
Gambar 3.1.	Lokasi Pembangunan Pabrik.....	22
Gambar 3.2.	<i>Layout Tata Letak</i> Pabrik	23
Gambar 3.3.	<i>Layout</i> Tata Letak Peralatan	24
Gambar 8.1.	Grafik BEP Pabrik Aluminium Oksida	102

DAFTAR NOTASI

1. Heat Exchanger (Condenser, Cooler, Heater, Reboiler, Vaporizer)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T_2, t_2	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U_o	: Koefisien overall perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m^2
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m^2
N_t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m^3/jam
u_t, U_s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
Db	: Diameter bundel, m
D_s	: Diameter shell, m
N_{RE}	: Bilangan Reynold
N_{PR}	: Bilangan Prandtl
N_{NU}	: Bilangan Nusselt
h_i, h_o	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
I_b	: Jarak baffle, m
D_e	: Diameter ekivalen, m
k_f	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	: Densitas, kg/m^3
μ	: Viskositas, cP
C_p	: Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
h_{id}, h_{od}	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

k_w : Konduktivitas bahan, W/m.°C
 ΔP : Pressure drop, psi

2. Kompresor

BHP : Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
 k : Konstanta Kompresi
 n : Jumlah stage
 η : Efisiensi kompresor
 P_{IN} : Tekanan masuk, bar
 P_{OUT} : Tekanan keluar, bar
 T_1 : Temperatur masuk kompresor, °C
 T_2 : Temperatur keluar kompresor, °C
 P_w : Power kompresor, HP
 Q : Kapasitas kompresor, lb/menit
 R_c : Rasio kompresi
 W : Laju alir massa, lb/jam
 ρ : Densitas, kg/m³

3. Pompa

A : Area alir pipa, in²
BHP : Brake Horse Power, HP
 D_{opt} : Diameter optimum pipa, in
 f : Faktor friksi
 g : Percepatan gravitasi ft/s²
 g_c : Konstanta percepatan gravitas, ft/s²
 H_d, H_s : Head discharge, suction, ft
 H_f : Total friksi, ft
 H_{fc} : Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
 H_{fe} : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
 H_{ff} : Friksi karena fitting dan valve, ft
 H_{fs} : Friksi pada permukaan pipa, ft

ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekuivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ϵ	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

4. Reaktor

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
D_p	: Diameter katalis, m
D_s	: Diameter shell, m
D_T	: Diameter tube, in
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	: Tinggi shell reaktor, m
H_T	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
N_t	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
p_t	: Tube pitch, in

S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, cm
V_k	: Volume katalis, m^3
V_T	: Volume reaktor, m^3
ρ, ρ_k	: Densitas fluida, katalis, kg/m^3
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
σ_A	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
E_A	: Energi aktivasi, kJ/kmol
V_E	: Volume elipsoidal, m^3
H_S	: Tinggi silinder, m
h	: Tinggi tutup
H_T	: Tinggi total tanki, m
H_L	: Tinggi liquid, m
H_i	: Tinggi impeller, m
D_i	: Diameter impeller, m
Wb	: Lebar Baffle, m
g	: Lebar baffle pengaduk, m
r	: Panjang blade pengaduk, m
rb	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

5. Flash Drum

A	: Area, m^2
a	: Luas permukaan <i>demister</i> , m^2/m^3
D, D_v	: Diameter, m
D_d	: Diameter target, m
D_w	: Diameter <i>wire demister</i> , m
F_{DP}	: Faktor <i>pressure drop</i>
H	: Tinggi demister, m
H_v	: Tinggi <i>vessel</i> , m
H_{LN}	: Jarak <i>top liquid</i> ke <i>nozzle</i> , m

H_{TN}	: Jarak <i>top vessel</i> ke <i>nozzle</i> , m
H_L	: Tinggi <i>liquid</i> , m
K	: Faktor kecepatan
L_v	: Panjang <i>vessel</i> horizontal, m
N_S	: Bilangan separasi
Q_G, Q_v	: Laju alir uap, m ³ /jam
Q_L	: Laju alir liquid, m ³ /jam
t	: Waktu tinggal, s
u	: Kecepatan minimum, m/s
V_S	: Volume <i>shell</i> , m ³
V_H	: Volume <i>head</i> , m ³
V_V	: Volume <i>vessel</i> , m ³
W_G	: Laju alir uap, kg/jam
W_L	: Laju alir liquid, kg/jam
ρ_G	: Densitas uap, kg/m ³
ρ_L	: Densitas liquid, kg/m ³
ρ_w	: Densitas demister, kg/m ³
η_w	: <i>Fractional collection</i>

6. Belt Conveyor

F	: Faktor friksi, <i>dimensionless</i>
L	: Panjang konveyer, ft
L_o	: Faktor belt, <i>dimensionless</i>
S	: Kecepatan belt aktual, ft/min
T	: Kapasitas Belt, ton/jam
ΔZ	: Beda Tinggi, ft
t	: Waktu tempuh antar <i>pulley</i>
W	: Berat idler, lb/ft

7. Blower

Q	: Laju Alir Volumetrik, ft ³ /s
OD	: Outside diameter, in

ID	: Inside diameter, in
ρ	: Densitas, kg/m ³
v	: Kecepatan udara, ft/s
P	: Daya yang digunakan, HP
η	: Efisiensi, %

8. Silo Tangki

G	: Laju Alir Massa, kg/jam
V _t	: Kapasitas tangki
ρ_s	: Densitas zat, kg/m ³
g	: Percepatan gravitasi, kg/m ³
d _{eff}	: Diameter efektif keluaran silo, m
H	: Tinggi tangki, m
h	: Tinggi <i>conical</i> , m
H _t	: Tinggi total tangki, m
D	: Diameter tangki, m
PD	: Tekanan desain silo tangki, psi
ts	: Tebal silinder, in
P	: Tekanan design, psi
r	: Jari-jari kolom, ft
f	: <i>Working stress allowable</i> , psia
E	: <i>Welding Joint Efficiency</i>
C	: Faktor korosi, in

9. Tangki

C	: Tebal korosi yang diizinkan, m
D _T	: Diameter tanki, m
E	: Efisiensi penyambungan, dimensionless
H _s	: Tinggi silinder, m
H _T	: Tinggi tanki, m
h	: Tinggi head, m
P	: Tekanan operasi, atm

S : Working stress yang diizinkan, atm
 t : Tebal dinding tanki, m
 V_s : Volume silinder, m^3
 V_e : Volume elipsoidal, m^3
 V_t : Volume tanki, m^3

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Tugas Khusus

LAMPIRAN 2. Paten Utama

LAMPIRAN 3. Biodata Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aluminium oksida dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan aluminium. Sebagian besar aluminium oksida digunakan sebagai bahan baku Industri Peleburan Aluminium seperti PT. Indonesia Asahan Aluminium di Sumatera Utara. Aluminium oksida dapat diproses menjadi berbagai produk keramik konvensional, keramik *advance*, dan *refractory* pada berbagai industri di Indonesia. Fungsi lain dari aluminium oksida diantaranya adalah sebagai amplas kasar atau halus akibat memiliki kekerasan yang baik serta retensi panas yang rendah. Aluminium oksida yang transparan digunakan dalam beberapa lampu. Aluminium oksida juga dapat digunakan sebagai katalis reaksi dalam beberapa industri (proses *claus* mengonversi gas hidrogen sulfida menjadi sulfur).

Berdasarkan sumber yang didapatkan, bahwa perusahaan yang memproduksi aluminium oksida di Indonesia diantaranya adalah PT. Well Harvest Winning Aluminium Oksida Refinery. PT Well Harvest Winning Aluminium Oksida Refinery di Kalimantan Barat merupakan pabrik aluminium oksida pertama dan terbesar di Indonesia yang mengolah mineral bauksit di Kalimantan menjadi aluminium oksida dengan kapasitas satu juta ton per tahun. Saat ini, PT Aneka Tambang dan PT Indonesia Asahan Aluminium (Inalum) telah melakukan perancangan untuk mendirikan pabrik pengolahan bauksit di Kalimantan Barat. Proyek ini ditargetkan untuk menekan jumlah impor.

Produksi yang ada sekarang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan Aluminium Oksida di Indonesia. Untuk mencukupi kebutuhan aluminium oksida, Indonesia melakukan impor aluminium oksida dari luar negeri seperti Australia, China, dan India, jumlah impor mencapai 600.000 ton/tahun (BPS, 2019). Oleh karena itu, diperlukannya pendirian pabrik aluminium oksida untuk memenuhi kebutuhan aluminium oksida di Indonesia. Selain itu, pendirian pabrik aluminium oksida diharapkan dapat meningkatkan jumlah ekspor ke negara lain, penghematan devisa negara, dan memperluas lapangan pekerjaan.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Proses produksi Aluminium oksida dan Aluminium hidroksida dilakukan pertama kali dengan proses *sinter* yang ditemukan oleh ilmuwan Perancis, Louis Le Chatelier, pada tahun 1855. Pada proses ini bauksit direaksikan dengan Natrium Karbonat (NaCO_3) yang kemudian menjadi Natrium Aluminium Oksidat. Proses selanjutnya adalah tahap dekomposisi Aluminium Oksida menggunakan proses (karbonatasi). Pada awalnya produksi Aluminium Oksida digunakan untuk industri tekstil. Kebutuhan Aluminium Oksida kemudian meningkat ketika digunakan sebagai bahan baku produksi aluminium menggunakan proses *Hall-Heroult* (Hudson, 2004).

Tahun 1888, ilmuwan Austria K. J. Bayer mengembangkan proses sinter dari Le Chatelier yang dinamakan proses Bayer. Proses ini mendapat respon positif dari dunia industri dan menggantikan proses termal yang digunakan untuk memproduksi Aluminium Oksida. Proses Bayer pada awalnya menggunakan Na_2CO_3 , seperti proses termal pada proses *leaching*. Hingga pada tahun 1892, Bayer mengembangkan *pressure leaching* dengan NaOH (Habashi, 1995).

Proses asam mulai dikembangkan pada tahun 1910 hingga 1930. Proses ini menggunakan bahan baku *non bauxite* material berupa anortosit, kaolin, dan tanah liat. Proses asam cukup populer pada tahun 1970 hingga 1980 dikarenakan adanya inflasi pada bauksit. Pada dasarnya proses ini menggunakan prinsip *acid-leaching* untuk mengesktraksi Aluminium Oksida. Asam sulfat merupakan senyawa yang paling banyak digunakan. Asam sulfat sangat efektif untuk proses *acid-leaching* dan ekonomis. Proses ini menghasilkan *crude* Aluminium Oksida yang terkontaminasi dengan besi yang kemudian dimurnikan (Seyuta, 2013).

Menurut Scarsella (2015), sekitar 80% produksi Aluminium Oksida di dunia menggunakan proses Bayer, 14 % menggunakan proses Sinter atau dengan modifikasi proses Sinter dan Bayer, dan 3 % menggunakan bahan baku selain bauksit, salah satu contohnya *nepheline*. Proses Bayer lebih banyak dipilih karena konsumsi energinya lebih rendah dibandingkan proses yang lain. Konsumsi energi proses Bayer rata-rata 12 GJ/ton sedangkan proses Sinter mengkonsumsi energi 22 GJ/ton. Menurut Adamek (2001) pengembangan proses produksi Aluminium Oksida saat ini berfokus pada pengembangan proses yang efisien, pemanfaatan sumber daya efektif, efisiensi energi, pengolahan residu dan *recovery*.

1.3. Macam – macam Proses Pembuatan Aluminium Oksida

Secara umum, Aluminium Oksida dibuat dengan proses asam dan proses basa. Ada tiga macam metode yang dilakukan untuk memproduksi Aluminium Oksida dengan proses Basa yang digunakan yaitu proses Sinter, proses *Nepheline-based*, dan proses Bayer (Luo (2008), dalam Maulinda dan Patmawati (2017)).

1.3.1. Proses Asam

Proses asam mulai dikembangkan pada tahun 1910 hingga 1930. Proses ini menggunakan bahan baku *non bauxite material* berupa anortosit, kaolin, dan tanah liat. Pada dasarnya proses ini menggunakan prinsip *acid-leaching* untuk mengesktraksi Aluminium Oksida. Asam sulfat merupakan senyawa yang paling banyak digunakan. Asam sulfat efektif untuk proses *acid-leacing* dan ekonomis. Proses ini menghasilkan *crude* Aluminium Oksida yang terkontaminasi besi yang kemudian dimurnikan. Pemurnian Aluminium Oksida dapat dilakukan dengan berbagai cara, contohnya untuk bahan baku tanah liat menggunakan K_2SO_4 .

Proses asam dapat juga dilakukan dengan ekstraksi menggunakan pelarut *di-(2-etipgeksal) phosphoric acid* dalam kerosin. Penambahan gas SO_2 juga dapat memurnikan besi dengan merubah ion besi dari Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Keunggulan proses ini adalah dapat mengekstraksi Aluminium Oksida dengan kemurnian hingga 99,9%. Kekurangan proses adalah proses pencucian kristal dari *mother liquor* sangat kompleks sehingga membutuhkan energi yang sangat besar.

1.3.2. Proses Basa

Proses basa adalah proses ekstraksi Aluminium Oksida dengan penambahan senyawa alkali, soda kaustik atau soda abu, dengan tujuan membuat larutan Aluminium Oksida yang *supersaturated* sehingga terbentuk kristal Aluminium Oksida. Menurut perkembangannya dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

a) Proses Sinter

Proses sinter ditemukan oleh ilmuwan Perancis Le Chatelier pada tahun 1854 yang kemudian dikembangkan oleh G. Muller pada tahun 1880 yang dinamakan proses sinter. Pada proses ini bauksit direaksikan dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) yang kemudian menjadi natrium aluminat. Proses selanjutnya adalah tahap dekomposisi alumina menggunakan karbon (karbonatasi).

Aluminium Oksida yang terbentuk selanjutnya masuk ke dalam proses filtrasi dan kalsinasi. Keuntungan proses ini adalah dapat mengolah bahan baku berkualitas rendah, dan pada pengembangannya dapat menggunakan *non-bauxite material* seperti batu kapur dan tanah liat. Namun proses ini memiliki kekurangan jika menggunakan bahan baku dengan alkalinitas rendah dapat menurunkan *yield*, memerlukan energi yang besar dan pada saat ini natrium karbonat tidak ekonomis (Senyuta, 2013).

b) Proses *Nepheline-based*

Proses ini dinamakan proses *nepheline-based* yang banyak digunakan di Rusia, sekitar dua juta ton alumina diproduksi dari *nepheline* di Rusia. *Nepheline* ($\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$) adalah mineral silika yang memiliki kandungan secara teoritis berupa 34,2% Al_2O_3 , 40,3% SiO_2 , dan 25,5% $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, dapat dijadikan bahan baku alumina dengan campuran batu kapur. Proses ini memiliki keunggulan dapat menghasilkan produk samping *gray mud* yang dapat dijadikan bahan baku semen. *Gray mud* merupakan produk samping dari proses *leaching nepheline* dan batu kapur dengan alkali karbonat. Namun, karena bahan baku mengandung kadar silika yang tinggi sehingga perlu dilakukan *desilicification* yaitu pemisahan sodium silikat pada aluminat liquor. Proses ini memiliki keuntungan yaitu menghasilkan *by-product* berupa *gray mud*, Na_2CO_3 , K_2CO_3 (Baudet, 1977).

c) Proses Bayer

Proses Bayer pertama kali ditemukan pada tahun 1888 oleh ilmuwan Austria Karl Josef Bayer. Proses ini mengalami pengembangan di tahun 1892 dengan penggantian soda abu menjadi soda kaustik dan proses sintering digantikan proses *pressure leaching*. Pada dasarnya proses Bayer dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap *digestion* (ekstraksi), tahap *precipitation* (kristalisasi) dan tahap kalsinasi. Tahap *digestion* (ekstraksi) adalah mereaksikan bauksit dengan NaOH (soda kaustik) sehingga terbentuk sodium aluminat yang kemudian disebut *digestion liquor*. Tahap presipitasi adalah proses pembentukan kristal hidrat aluminium trihidroksida (*gibbsite*) dari *digestion liquor*. Tahap ini merupakan kebalikan dari tahap ekstraksi, namun pada tahap ini perlu penambahan bibit alumina trihidrat untuk memicu terbentuknya kristal. Pada tahap kalsinasi terjadi

penguapan hidrat hingga menjadi alumina. Pada tahap ini hidrat dipanaskan pada suhu 1050°C (Seecharran, 2010). Reaksi yang terjadi pada proses Bayer dapat diuraikan sebagai berikut.

- Tahap ekstraksi

$$\gamma\text{-Al(OH)}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- Tahap kristalisasi

$$\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH}$$
- Tahap kalsinasi

$$2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$

Proses Bayer memiliki kelebihan yaitu konsumsi energi relatif rendah dibandingkan proses lain yaitu 12 GJ/ton alumina. Proses Bayer dapat menghasilkan kemurnian alumina yang tinggi (>93%) dengan konsumsi energi yang rendah, Namun proses Bayer akan tidak ekonomis jika menggunakan bahan baku bauksit yang memiliki kadar silika yang tinggi (Senyuta, 2013).

1.4. Sifat-sifat Fisika Senyawa

Zat kimia memiliki karakteristik masing-masing yang membedakan suatu zat dengan zat lain, akan tetapi tidak sedikit pula zat-zat yang mempunyai persamaan sifat dengan zat lain sehingga dapat dimasukkan dalam satu golongan. Karakteristik zat ini akan menentukan bagaimana zat tersebut dapat dimanfaatkan.

Sifat-sifat suatu zat dapat dibagi menjadi sifat fisika dan sifat kimia. Adapun sifat fisika dari zat yang digunakan sebagai berikut:

1.4.1. Bauksit

Rumus kimia	: $\gamma\text{-(Al(OH)}_3)$
Berat molekul	: 101,9613 kg/kmol
Bentuk kristal	: Trigonal
Wujud	: Padat
Warna	: Merah kekuningan
Densitas (32,15°C)	: 2420 kg/m ³
Kapasitas panas	: 0,2 Kkal/kmol
Titik didih	: 2210°C
Titik leleh	: 1999-2032°C

1.4.2. Natrium Hidroksida

Rumus kimia	: NaOH
Berat molekul	: 39,9972 gram/mol
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Densitas	: 2130 kg/m ³
Tekanan kritis	: 253,31 bar
Temperatur kritis	: 2820 K
Titik didih	: 1390 K

1.4.3. Air

Rumus kimia	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,0154 gram/mol
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Densitas	: 998 kg/m ³
Tekanan kritis	: 220,55 bar
Temperatur kritis	: 647,13 K
Titik didih	: 100°C

1.4.4. Kalsium Oksida

Rumus kimia	: CaO
Berat molekul	: 56,0774 kg/kmol
Wujud	: <i>crystalline solid</i>
Warna	: Putih
Densitas	: 3340 kg/m ³
ΔH_f	: -635,0900 kJ/mol
Titik didih	: 2.850°C
Titik leleh	: 2.572°C

1.4.5. Karbon Dioksida

Rumus Molekul	: CO ₂
Berat Molekul	: 44,00 gr/mol
Fase	: Gas

Warna	: Tidak bewarna
ΔH_f	: -393,5200 kJ/mol
Titik Didih	: - 78.5 °C
Titik beku	: -56.6 °C
Densitas	: 1,153 kg/m ³
Energi Pembentukan	: - 393,77 KJ/mol
Energi Bebas	: -22,6224 KJ/mol

1.4.6. Udara

Udara memiliki persentase N₂ : O₂ = 79 : 21 (%mol)

Sifat fisika udara

Tabel 1.1. Sifat Fisika Udara

Sifat	N ₂	O ₂
Kenampakan	Tidak berbau	Tidak berbau
Berat molekul (kg/mol)	28,031	32,01
<i>Specific gravity</i>	12,5	1,71
Titik didih (°C)	-195,9	-1833
Titik beku (°C)	-209,68	-214,8
Suhu kritis (K)	126,2	154,6
Tekanan Kritis (bar)	3,3	50,5
Volume kritis (m ³ /mol)	0,089	0,73
Density (kg/m ³)	809	1149

(Sumber: Perry,1997)

1.4.7. Sodium Aluminium Oksidat

Rumus kimia	: NaAlO ₂
Berat molekul	: 81,9706 kg/kmol
Wujud	: Powder
Warna	: Putih
Densitas	: 1500 kg/m ³
Titik didih	: 115°C
Titik leleh	: 1800°C
ΔH_f	: -1133,2000 kJ/mol

1.4.8. Aluminium Hidroksida

Rumus kimia	: $\text{Al}(\text{OH})_3$
Berat molekul	: 78,0042 kg/kmol
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Densitas (25°C)	: 2373 kg/m ³
Viskositas	: 1,7 Cp
Titik leleh	: 300°C
ΔH_f	: -1276,5553 kJ/mol

1.4.9. Aluminium Oksida

Rumus kimia	: Al_2O_3
Berat molekul	: 101,9622 kg/kmol
Wujud	: Granular
Warna	: Putih
Densitas	: 3950 kg/m ³
Tekanan kritis	: 50,43 bar
Temperatur kritis	: 5335,00 K
Titik didih	: 3253,15 K
Titik leleh	: 2072°C
ΔH_f	: -1675,6900 kJ/mol

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., dkk. 2015. *Production of 100 Tons/Day Aluminium Metal from Bauxite*. Department of Chemical Engineering Comsats Institute of Information Technology.
- ALS Group. *Bauxite*. (Online). (Diakses pada 07 November 2019).
- Amalia, D., dan Aziz, M. 2011. Percobaan Pendahuluan Pembuatan Alumina Kualitas Metalurgi dari Bauksit Kalimantan Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 7(4): 183 – 191.
- Amalia, D., dkk. 2014. Kinetic Analysis for Aluminium Dissolution of West Kalimantan Bauxite Through Digestion Process. *Indonesian Mining Journal*. 17(2): 98 – 112.
- Amalia, D., dkk. 2014. Pengaruh Ukuran Partikel, Suhu, Stoikiometri NaOH Terhadap Ekstraksi Alumina dan Kandungan Silika Terlarutnya dari Bauksit Kalimantan Barat (Skala Laboratorium). *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 10(2): 69 – 81.
- Babaheidary, M. B., dan Farhadi, F. 2002. Mechanism and Estimation of $\text{Al}(\text{OH})_3$ Crystal Growth. *Journal of Crystal Growth*. 234: 721 – 739.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Aluminium Oksida di Indonsia*. (Online). http://www.bps.go.id/all_newtemplate.php/ (Diakses pada tanggal 27 Oktober 2019).
- Brown, G. G. *Unit Operations*. CBS Publishers & Distributors: New Delhi.
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design Vessel Design*. John Willey and Sons, Inc: United States of America.
- Coulson, J. M., dan F. Richardson. 2015. *Chemical Engineering, 6th Volume, 4th Edition*. Elsevier: Inggris.
- Couper, J. R., dkk. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design Third Edition*. Butterworth-Heinemann: United States of America.
- Donaldson, D., dan Raahauge, B. 2013. *Essential Readings in Light Metals Volume 1 Alumina and Bauxite*. John Willey and Sons, Inc: New Jersey.

- Feeco International. 2019. *The Rotary Kiln Handbook*. Feeco International, Inc: United States of America.
- Fuerstenau M. C., dan Han, K. N. 2010. *Principles of Mineral Processing*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc: United States of America.
- Hudson, L. K., dkk. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley: United States of America.
- Husaini, dkk. 2016. Pelarutan Bijih Bauksit dengan Soda Kaustik (NaOH) menjadi Larutan Sodium Aluminat (NaAlO_2) Skala Pilot. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 12(3): 149 – 159.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill: Singapura.
- Kirk, R. E., dan P. Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Technology, International Student Edition*. McGraw Hill Kogakusha Company Ltd: Tokyo.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. Jhon Wiley and Sons: USA.
- McCabe, W. L., dkk. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering Fifth Edition*. McGraw-Hill Internation Editions: Singapore.
- Mubarok, Z. 2014. *Kinetics Analysis for Aluminum Dissolution of West Kalimantan Bauxite Through Digestion Process*.
- Overcash. 2010. *Aluminium Oxide from Bayer Process, Metallurgical Grade*. USA.
- Patmawati, R. E., dan Maulinda, A. 2017. Pabrik Smelter Grade Alumina (SGA) dari Bauksit dengan Proses Bayer. Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh November.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition*. McGraw-Hill: United States of America.
- Peter, M. S., dan K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw Hill: Singapura.
- Sherwin. 1950. Extractive Metallurgy of Alumina. *Jour. Metals*. 188(4).
- Svarovsky, L. 2000. *Solid – Liquid Separation Fourth Edition*. Butterworth-Heinemann: Oxford.

Treybal, R. E. 1980. *Mass – Transfer Operation Third Edition*. McGraw Hill: New York.

Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Willey and Sons, Inc: Canada.

US Patent 2,852,343. *Process for Treating Aluminous Ores* (30 September 1954).

WO 2019086792. *Method for Processing Bauxite* (29 Oktober 2018).

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill: Singapura.