

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN
ALUMINIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 112.000 TON/TAHUN**

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



Amira Hany

NIM 03031181621019

Muhammad Adrian Wicaksana

NIM 03031381621107

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ALUMINIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 112.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**

Oleh:

Amira Hany

NIM 03031181621019

Muhammad Adrian Wicaksana

NIM 03031381621107

Palembang, 14 Desember 2020

Pembimbing,



14 Des 2020

Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

NIP 197502012000122001

**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 Hidroksida Kapasitas 112.000 Ton per Tahun" telah dipertahankan oleh Amira Hany dan Muhammad Adrian Wicaksana di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 November 2020.

Palembang, 22 Desember 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi


1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.
NIP 195610241981032001

() 04/12/2020

2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP 197503261999032002

() 04/12/20

3. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP 198606292008122002

() 24/11/20

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

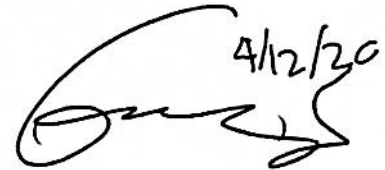
BERITA ACARA PERBAIKAN LAPORAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium Hidroksida Kapasitas 112.000 Ton per Tahun” oleh Amira Hany dan Muhammad Adrian Wicaksana **telah diperbaiki** sesuai arahan/tugas perbaikan dari Dosen Penguji dan Pembimbing.

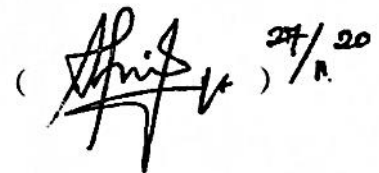
Palembang, 14 Desember 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.
NIP 197503261999032002



2. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP 198606292008122002



Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amira Hany
NIM : 03031181621019
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium
Hidroksida Kapasitas 112.000 Ton per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Muhammad Adrian Wicaksana** didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Selain itu semua dokumen yang disertakan dalam Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, 27 November 2020



Amira Hany

NIM. 03031181621019



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Adrian Wicaksana
NIM : 03031381621107
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium
Hidroksida Kapasitas 112.000 Ton per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan sesungguhnya bahwa Karya ilmiah berbentuk Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Amira Hany** didampingi Dosen Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Selain itu semua dokumen yang disertakan dalam Karya ilmiah ini adalah benar dan sesuai dengan kenyataannya. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini atau pemalsuan dokumen, maka saya bersedia menerima konsekuensi hukum dan sanksi dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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

Palembang, 27 November 2020



Muhammad Adrian Wicaksana

NIM. 03031381621107



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Aluminium Hidroksida Kapasitas 112.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan untuk sebagai syarat menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Dr. Ir. H. Syaiful, DEA., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 4) Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 6) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, November 2020

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ALUMINIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 112.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, November 2020

Amira Hany dan Muhammad Adrian Wicaksana; Dibimbing oleh Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
xxvii + 439 halaman, 15 tabel, 11 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Pabrik pembuatan aluminium hidroksida kapasitas produksi 112.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2025 di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 11 Ha. Proses pembuatan aluminium hidroksida ini mengacu pada US Patent No. 10526211 B2 dengan proses pembentukan aluminium butoksida dan dilanjutkan proses hidrolisis aluminium butoksida membentuk produk aluminium hidroksida. Reaktor pertama dan kedua berjenis *Continuous Stirred Tank Reactor*. Reaktor pertama beroperasi pada temperatur 110°C dan tekanan 1 atm, sedangkan reaktor kedua beroperasi pada temperatur 80°C dan tekanan 1 atm.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 206 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik aluminium hidroksida ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 311.722.539,59
- Total Penjualan Pertahun = US\$ 256.654.107,89
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 146.600.823,69
- *Annual Cash Flow* = US\$ 101.122.540,96
- *Pay Out Time* = 2,8 tahun
- *Rate of Return* = 24,71 %
- *Break Even Point* = 34,46 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci: Aluminium Hidroksida, Aluminium Butoksida, Hidrolisis, *Continuous Stirred Tank Reactor*, Perseroan Terbatas

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
BERITA ACARA PERBAIKAN LAPORAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME.....	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN.....	viii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Aluminium Hidroksida	3
1.3.1. Proses Bayer	3
1.3.2. Hidrolisis Aluminium Alkoksida.....	5
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK.....	10
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	10
2.2. Penentuan Kapasitas	11
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	13
2.4. Pemilihan Proses.....	13
2.5. Uraian Proses	14
2.5.1. Tahap persiapan	14
2.5.2. Tahap Sintesa/Reaksi.....	14
2.5.3. Tahap Purifikasi Produk	15
2.5.4. Tahap <i>Recovery</i> n-Butanol.....	16

BAB III LOKASI PABRIK	18
3.1. Lokasi Pabrik	18
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku	19
3.1.2. Ketersediaan Sistem Utilitas	19
3.1.3. Transportasi dan Pemasaran	20
3.1.4. Kondisi Iklim dan Letak Geografis	20
3.1.5. Tenaga Kerja.....	23
3.2. Tata Letak Pabrik.....	23
3.3. Perkiraan Luas Tanah	27
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	28
4.1. Neraca Massa.....	28
4.1.1. Neraca Massa Mixing Tank – 01 (MT-01).....	28
4.1.2. Neraca Massa Reaktor – 01 (R-01).....	29
4.1.3. Neraca Massa Partial Condenser – 01 (PC – 01).....	29
4.1.4. Neraca Massa Knock Out Drum – 01 (KOD – 01).....	30
4.1.5. Neraca Massa Filter Press - 01 (FP-01)	30
4.1.6. Neraca Massa Reaktor – 02 (R-02).....	31
4.1.7. Neraca Massa Rotary Drum Filter – 01 (RDF-01)	31
4.1.8. Neraca Massa Rotary Dryer – 01 (RD – 01)	32
4.1.9. Neraca Massa Kolom Distilasi - 01 (KD-01)	32
4.1.10. Neraca Massa Condensor-01 (CD-01).....	32
4.1.11. Neraca Massa Accumulator - 01 (ACC-01)	33
4.1.12. Neraca Massa Reboiler - 01 (RB-01)	33
4.1.13. Neraca Massa TEE-01 (TEE-01)	33
4.1.14. Neraca Massa TEE-02 (TEE-02).....	34
4.1.15. Neraca Massa Campuran Limbah (Tangki WTP)	34
4.2. Neraca Panas.....	34
4.2.1. Neraca Panas Mixing Tank – 01 (MT – 01).....	34
4.2.2. Neraca Panas Reaktor – 01 (R – 01).....	35
4.2.3. Neraca Panas Partial Condenser – 01 (PC – 01).....	35
4.2.4. Neraca Panas Knock Out Drum – 01 (KOD – 01).....	35

4.2.5. Neraca Panas Filter Press – 01 (FP – 01).....	36
4.2.6. Neraca Panas Cooler – 01 (C – 01).....	36
4.2.7. Neraca Panas Reaktor – 02 (R – 02).....	36
4.2.8. Neraca Panas Rotary Drum Filter – 01 (RDF– 01)	36
4.2.9. Neraca Panas Rotary Dryer – 01 (RD – 01)	37
4.2.10. Neraca Panas Heater – 02 (H – 02).....	37
4.2.11. Neraca Panas Rotary Cooler – 01 (RC – 01)	37
4.2.12. Neraca Panas Chiller – 01 (CH – 01)	37
4.2.13. Neraca Panas Heater – 01 (H – 01).....	38
4.2.14. Neraca Panas Kolom Distilasi - 01 (KD-01)	38
4.2.15. Neraca Panas Condensor-01 (CD-01).....	38
4.2.16. Neraca Panas Reboiler-01 (RB-01)	39
4.2.17. Neraca Panas Chiller – 02 (CH – 02)	39
4.2.18. Neraca Panas Heater – 03 (H – 03).....	39
4.2.19. Neraca Panas TEE – 01 (TEE – 01)	40
4.2.20. Neraca Panas TEE – 02 (TEE – 02)	40
BAB V UTILITAS	41
5.1. Unit Pengadaan Air.....	41
5.1.1. Air Pendingin	43
5.1.2. Air Umpan Boiler	46
5.1.3. Air Proses.....	46
5.1.4. Air Domestik.....	46
5.1.5. Total Kebutuhan Air	47
5.2. Unit Pengadaan Refrigeran	48
5.3. Unit Pengadaan Steam	48
5.3.1. Steam Pemanas	48
5.3.2. Steam Penggerak Turbin.....	49
5.3.3. Total Kebutuhan Steam	49
5.4. Unit Pengadaan Listrik	50
5.4.1. Listrik untuk Peralatan.....	50
5.4.2. Listrik untuk Penerangan	51

5.4.3.	Total Kebutuhan Listrik.....	52
5.5.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	53
5.5.1.	Bahan Bakar Boiler.....	53
5.5.2.	Bahan Bakar Keperluan Generator	55
5.5.3.	Total Kebutuhan Bahan Bakar.....	56
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....		57
6.1.	Silo Tank – 01 (ST – 01)	57
6.2.	Screw Conveyor – 01 (SC – 01)	58
6.3.	Bucket Elevator – 01 (BE – 01).....	59
6.4.	Tangki – 01 (T – 01).....	60
6.5.	Pompa – 01 (P – 01)	61
6.6.	Mixing Tank – 01 (MT – 01).....	62
6.7.	Pompa – 02 (P – 02)	63
6.8.	Reaktor – 01 (R – 01)	64
6.9.	Kompresor – 01 (K – 01)	65
6.10.	Partial Condensor – 01 (PC – 01)	66
6.11.	Knock Out Drum – 01 (KOD – 01)	67
6.12.	Tangki – 02 (T – 02).....	68
6.13.	Tangki – 03 (T – 03).....	69
6.14.	Pompa – 03 (P – 03)	70
6.15.	Filter Press – 01 (FP – 01)	71
6.16.	Cooler – 01 (C – 01)	72
6.17.	Reaktor – 02 (R – 02)	73
6.18.	Pompa – 04 (P – 04)	74
6.19.	Rotary Drum Filter – 01 (RDF – 01)	75
6.20.	Pompa – 05 (P – 05)	76
6.21.	Heater – 03 (H – 03)	77
6.22.	Screw Conveyor – 02 (SC – 02)	78
6.23.	Rotary Drier – 01 (RD – 01).....	79
6.24.	Belt Conveyor – 01 (BC – 01).....	80
6.25.	Rotary Cooler – 01 (RC – 01).....	81

6.26.	Belt Conveyor – 02 (BC – 02)	82
6.27.	Ball Mill – 01 (BM – 01)	83
6.28.	Bucket Elevator – 02 (BE – 02).....	84
6.29.	Silo Tank – 02 (ST – 02)	85
6.30.	Pompa – 06 (P – 06)	86
6.31.	Heater – 01 (H – 01)	87
6.32.	Kolom Distilasi – 01 (KD – 01).....	88
6.33.	Condensor – 01 (CD – 01).....	89
6.34.	Accumulator – 01 (ACC – 01).....	90
6.35.	Pompa – 07 (P – 07)	91
6.36.	Reboiler – 01 (RB – 01).....	92
6.37.	Chiller – 02 (CH – 02)	93
6.38.	Blower – 01 (BL – 01)	94
6.39.	Heater – 02 (H – 02)	95
6.40.	Chiller – 01 (CH – 01)	96
6.41.	Tangki WTP (T-WTP).....	97
6.42.	Screw Conveyor WTP (SC-WTP)	98
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		99
7.1.	Bentuk Perusahaan.....	99
7.2.	Struktur Organisasi	100
7.2.1.	Organisasi Lini.....	100
7.2.2.	Organisasi Fungsional.....	100
7.2.3.	Organisasi <i>Line</i> dan <i>Staff</i>	100
7.3.	Sistem Kerja.....	102
7.3.1.	Waktu Kerja Karyawan <i>Non-shift</i>	103
7.3.2.	Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	103
7.4.	Penentuan Jumlah Karyawan.....	104
7.4.1.	<i>Direct Operating Labor</i>	104
7.4.2.	<i>Indirect Operating Labor</i>	106
BAB VIII ANALISA EKONOMI		108
8.1.	Profitabilitas (Keuntungan).....	109

8.1.1.	Total Penjualan Produk.....	109
8.1.2.	Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF).....	109
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal.....	110
8.2.1.	Kemampuan Membayar Pinjaman.....	110
8.2.2.	<i>Pay Out Time</i> (POT).....	111
8.3.	Total Modal Akhir	111
8.3.1.	<i>Net Profit Over Total Life of Project</i> (NPOTLP)	111
8.3.2.	<i>Total Capital Sink</i> (TCS)	112
8.4.	Laju Pengembalian Modal	112
8.4.1.	<i>Rate of Return on Investment</i> (ROR).....	112
8.4.2.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR)	112
8.5.	Break Even Point (BEP)	113
8.5.1.	Metode Matematis	113
8.5.2.	Metode Grafis	114
8.6.	Shut Down Point.....	115
8.7.	Net Present Value	115
BAB IX KESIMPULAN.....		118
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor Aluminium Hidroksida di Indonesia	11
Tabel 2.2. Data Ekspor Aluminium Hidroksida di Indonesia	12
Tabel 5.1. Total Kebutuhan Bahan Penunjang di Unit Utilitas	41
Tabel 5.2. Total Kebutuhan Air	47
Tabel 5.3. Total Kebutuhan Refrigeran	48
Tabel 5.4. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 160°C	48
Tabel 5.5. Kebutuhan <i>Saturated Steam</i> 240°C	49
Tabel 5.6. Total Kebutuhan <i>Steam</i>	49
Tabel 5.7. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	50
Tabel 5.8. Total Kebutuhan Bahan Bakar	56
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal <i>Shift</i> Kerja Karyawan	104
Tabel 7.2. Jumlah Karyawan	106
Tabel 8.1. Total Penjualan Produk.....	109
Tabel 8.2. Rincian Angsuran Pengembalian Pinjaman.....	111
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram Alir Proses Bayer	4
Gambar 2.1. Grafik Impor Aluminium Hidroksida Indonesia	12
Gambar 2.2. Flowsheet Pembuatan Aluminium Hidroksida	17
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik	18
Gambar 3.2. Peta Rencana Pola Ruang Kabupaten Gresik	21
Gambar 3.3. Peta Sungai dan Waduk Kabupaten Gresik	22
Gambar 3.4. Perencanaan Tata Letak Pabrik	25
Gambar 3.5. Perencanaan Tata Letak Peralatan Proses	26
Gambar 7.1. Jumlah Buruh <i>Direct Operating</i>	105
Gambar 7.2. Struktur Organisasi Perusahaan	108
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	114

DAFTAR NOTASI

1. TANGKI

C	= Tebal korosi yang diizinkan
D	= Diameter tangki, m
E	= Efisiensi penyambungan, dimensionless
He	= Tinggi head, m
Hs	= Tinggi silinder, m
Ht	= Tinggi total tangki, m
P	= Tekanan Desain, atm
S	= Working stress yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur Operasi, K
V _h	= Volume ellipsoidal head, m ³
V _s	= Volume silinder, m ³
V _t	= Volume tangki, m ³
W	= Laju alir massa, kg/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³

2. SILO

C	= Faktor korosi, in
D	= Diameter <i>shell</i> , ft
d	= Diameter ujung konis, ft
E	= <i>Welded joint efficiency</i>
F	= <i>Allowance stress</i> , psi
h	= Tinggi silo, ft
G	= Laju Alir Massa, kg/s
g	= Percepatan Gravitasi, m/s ²
P	= Tekanan, atm
T	= Temperatur, K
V _t	= Volume tangki, m ³
W _s	= Laju alir massa, kg/jam
α	= <i>angle of repose</i>

ρ = Densitas, kg/m^3

θ = Sudut Silo

3. MIXING TANK

C = Korosi yang diizinkan, m

E = Effisiensi pengelasan, dimensionless

S = Working stress yang diizinkan, psi

D_t = Diameter tanki, m

D_i = Diameter pengaduk, m

H_i = Tinggi pengaduk dari dasar tanki

H_1 = Tinggi pengaduk

W = Lebar daun impeller

L = Panjang daun impeller

V_s = Volume silinder, m^3

V_e = Volume ellipsoidal, m^3

t_h = Tebal tanki, m

N_t = Jumlah pengaduk

P = Densitas liquid

μ = Viscosity, cP

t_m = Waktu pengadukan, menit

4. REAKTOR

C_{A_0} = Konsentrasi awal umpan masuk, kmol/m^3

C = Tebal korosi yang diizinkan, atm

D_K = Diameter katalis, cm

F_{A_0} = Laju alir umpan, kmol/jam

H_r = Tinggi Reaktor, m

ID = Inside Diameter, m

k = Konstanta laju reaksi, $\text{m}^3/\text{kmol.s}$

N = Bilangan Avogadro

OD = Outside Diameter, m

P = Tekanan, atm

Q_f	= Volumetric Flowrate Umpan
Re	= Bilangan Reynold
S	= Working Stress yang diizinkan, atm
T	= Temperatur, °C
t	= Tebal dinding vessel
V_t	= Volume reaktor, m^3
X	= Konversi
ρ	= Densitas
σ	= Diameter Partikel, cm

5. FILTER PRESS

A	= Area Filtrasi, m^2
C	= Konsentrasi solid dalam feed, kg/m^3
m_f	= Flowrate feed, kg/jam
V	= Volume liquid, m^3
ρ_c	= Densitas cake, kg/m^3
ρ_s	= Densitas campuran, kg/m^3
Θ	= Waktu filtrasi, menit

6. ROTARY DRUM FILTER

t	= Ketebalan cake, cm
W	= Dry cake weight, $kg \text{ dry cake}/(m^2 \times \text{rev})$
f	= Waktu pembentukan, menit
CT	= Cycle time, rpm
A	= Area Filtrasi, m^2
P	= Daya, Hp
D	= Diameter, m
F	= Laju alir umpan, kg/jam
Δ	= $CT \times$ kecepatan gravitasi
L	= Panjang drum

7. SCREW CONVEYOR

ρ	= Densitas bahan, lb/ft^3
--------	-----------------------------

Q = Volumetric flowrate, ft³/jam
W = Laju alir massa, kg/jam

8. BELT CONVEYOR

C = Faktor material
H = Panjang *belt*, ft
THP = Kapasitas *belt*, ton/jam
f = Faktor keamanan, %
V = Tinggi *belt*, ft
W_s = Laju alir massa, kg/jam

9. ROTARY DRYER, ROTARY COOLER

C_p = Kapasitas panas udara, kkal/kg°C
D = Diameter dryer, m
F = Jumlah sayap
G_s = Jumlah udara yang digunakan, lb/jam
L = Panjang dryer, m
L_f = Panjang flight
N = Jumlah putaran
P = Power dryer, HP
S_s = Jumlah produk yang dikeringkan, lb/jam
t₁ = Temperatur umpan masuk, °F
t₂ = Temperatur umpan keluar, °F
t_w = Temperatur wet bulb, °F
T_{G1} = Temperatur udara masuk, °F
T_{G2} = Temperatur udara keluar, °F
U_d = Overall heat transfer area, lb/ft²jam
θ = Time of retention, jam

10. HEATER, CHILLER, COOLER, PARTIAL CONDENSOR

A = Area perpindahan panas, ft²
D = Diameter dalam tube, in
D_e = Diameter ekivalen, in

f	= Faktor friksi, ft^2/in^2
G_s	= Laju alir massa fluida pada shell, $\text{lb}/\text{jam}.\text{ft}^2$
G_t	= Laju alir massa fluida pada tube, $\text{lb}/\text{jam}.\text{ft}^2$
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.^\circ\text{F}$
h_i, h_{io}	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, $\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.^\circ\text{F}$
L	= Panjang tube, pipa, ft
LMTD	= Logarithmic Mean Temperature Difference, $^\circ\text{F}$
ΔP_a	= Penurunan tekanan pada annulus, psi
ΔP_p	= Penurunan tekanan pada inner pipe, psi
ID	= Inside Diameter, ft
OD	= Outside Diameter, ft
Q	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
R_d	= Dirt factor, $\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.^\circ\text{F}$
R_e	= Bilangan Reynold, dimensionless
s	= Specific gravity
T_1, T_2	= Temperatur fluida panas inlet, outlet, $^\circ\text{F}$
t_1, t_2	= Temperatur fluida dingin inlet, outlet, $^\circ\text{F}$
T_c	= Temperatur rata-rata fluida panas, $^\circ\text{F}$
t_c	= Temperatur rata-rata fluida dingin, $^\circ\text{F}$
U_c, U_d	= Clean overall coefficient, design overall coefficient, $\text{Btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.^\circ\text{F}$
W_1	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
W_2	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
μ	= Viscositas, cp

11. CONDENSOR, REBOILER

W, w	= Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	= Temperatur masuk shell, tube, $^\circ\text{C}$
T_2, t_2	= Temperatur keluar shell, tube, $^\circ\text{C}$
Q	= Beban panas, kW

U_o	= Koefisien overall perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
ΔT_{lm}	= Selisih log mean temperatur, $^\circ C$
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
N_{RE}	= Bilangan Reynold
N_{PR}	= Bilangan Prandtl
h_i, h_o	= Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
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, $W/m \cdot ^\circ C$
ΔP	= Pressure drop, psi

12. POMPA

A	= Area alir pipa, in^2
BHP	= Brake Horse Power, HP
$D_i \text{ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
E	= Equivalent roughness
f	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
g_c	= Percepatan gravitasi, ft/s^2
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f \text{ suc}}$	= Total friksi pada suction, ft

H_f dis	= Total friksi pada discharge, ft
H_{fs}	= Skin friction loss
H_{fsuc}	= Total suction friction loss
H_{fc}	= Sudden Contraction Friction Loss (ft lb _m /lb _f)
H_{fe}	= Sudden expansion friction loss (ft lb _m /lb _f)
ID	= Inside diameter pipa, in
K_C, K_S	= Contraction, expansion loss contraction, ft
L	= Panjang pipa, ft
L_e	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= Net positive suction head (ft)
N_{Re}	= Reynold number, dimension less
P_{Vp}	= Tekanan uap, psi
Q_f	= Laju alir volumetrik
V_f	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
ΔP	= Beda tekanan, psi

13. BLOWER

A	= Luas permukaan <i>blower</i> , ft ²
D_{opt}	= Diameter optimum pipa, in
P	= Tekanan <i>blower</i> , in H ₂ O
Q	= Debit volumetric, ft ³ /jam
W_s	= Laju alir massa, kg/jam
V	= Kecepatan udara, ft/detik
ρ	= Densitas, kg/m ³

14. KNOCK OUT DRUM

A	= Vessel Area Minimum, m ²
C	= Corrosion maksimum, in
D	= Diameter vessel minimum, m
E	= Joint efisiensi
H_L	= Tinggi liquid, m
Ht	= Tinggi vessel, m

P	= Tekanan desain, psi
Q_V	= Laju alir volumetric massa, m ³ /jam
Q_L	= Liquid volumetric flowrate, m ³ /jam
S	= Working stress allowable, psi
t	= tebal dinding tangki, m
U_V	= Kecepatan uap maksimum, m/s
V_t	= Volume Vessel, m ³
V_h	= Volume head, m ³
V_t	= Volume vessel, m ³
ρ	= Densitas, kg/m ³
μ	= Viskositas, cP
ρ_g	= Densitas gas, kg/m ³
ρ_l	= Densitas liquid, kg/m ³

15. KOMPRESOR

Cfm	= Cubic feed per menit
k	= Spesific heat
N_s	= Jumlah stage
P_W	= Power yang dibutuhkan, HP
P	= Tekanan, Psi
R_c	= Ratio Pout/Pin, dimensionless
R_{ct}	= ratio kompresi per stage, dimensionless
W	= Laju feed
ρ_v, ρ_l	= Densitas gas, liquid, kg/m ³

16. ACCUMULATOR

Cc	= Tebal korosi maksimum, in
Ej	= Efisiensi pengelasan
ID, OD	= Diameter dalam, diameter luar, m
L	= Panjang accumulator, m
P	= Tekanan desain, psi
S	= Tegangan kerja yang diizinkan, psi

T	= Temperatur operasi, °C
t	= Tebal dinding accumulator, cm
V	= Volume total, m ³
V _s	= Volume silinder, m ³
ρ	= Densitas, kg/m ³

17. KOLOM DESTILASI

P	: Tekanan, atm
T	: Temperatur, °C
α	: Relatif volatilitas
N _m	: Stage minimum
L/D	: Refluks
N	: Stage/tray
m	: <i>Rectifying section</i>
p	: <i>Stripping section</i>
F _{LV}	: <i>Liquid-vapor flow factor</i>
U _f	: Kecepatan <i>flooding</i> , m/s
U _v	: <i>Volumetric flowrate</i> , m ³ /s
A _n	: <i>Net area</i> , m ²
A _c	: <i>Cross section/luas area kolom</i> , m ²
D _c	: Diameter kolom, m
A _d	: <i>Downcomer area</i> , m ²
A _a	: <i>Active area</i> , m ²
l _w	: <i>Weir length</i> , m
A _h	: <i>Hole area</i> , m ²
h _w	: <i>Weir height</i> , mm
d _h	: <i>Hole diameter</i> , mm
L _m	: <i>Liquid rate</i> , kg/det
h _{ow}	: <i>Weir liquid crest</i> , mm Liquid
U _h	: <i>Minimum design vapor velocity</i> , m/s
C _o	: <i>Orifice coefficient</i>
h _d	: <i>Dry plate drop</i> , mm Liquid

hr	: <i>Residual Head</i> , mm Liquid
ht	: <i>Total pressure drop</i> , mm Liquid
hap	: <i>Downcomer pressure loss</i> , mm
Aap	: <i>Area under apron</i> , m ²
Hdc	: <i>Head loss in the downcomer</i> , mm
hb	: <i>Backup di Downcomer</i> , m
tr	: <i>Check resident time</i> , s
θ	: <i>Sudut subtended antara pinggir plate dengan unperforated strip</i>
Lm	: <i>Mean length, unperforated edge strips</i> , m
Aup	: <i>Area of unperforated edge strip</i> , m ²
Lcz	: <i>Mean length of calming zone</i> , m
Acz	: <i>Area of calming zone</i> , m ²
Ap	: <i>Total area perforated</i> , Ap
Aoh	: <i>Area untuk 1 hole</i> , m ²
t	: <i>Tebal dinding</i> , cm
D	: <i>Diameter tanki</i> , m
r	: <i>Jari-jari tanki</i> , m
S	: <i>Tekanan kerja yang diizinkan</i> , atm
C _c	: <i>Korosi yang diizinkan</i> , m
E _j	: <i>Efisiensi pengelasan</i>
OD	: <i>Diameter luar</i> , m
ID	: <i>Diameter dalam</i> , m
E _{mV}	: <i>Efisiensi tray</i> , %
ρ	: <i>Densitas</i> , kg/m ³
μ	: <i>Viskositas</i> , N.s/m ²
FA	: <i>Fractional Area</i>
He	: <i>Tinggi tutup elipsoidal</i> , m
Ht	: <i>Tinggi vessel</i> , m

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I NERACA MASSA
LAMPIRAN II NERACA PANAS
LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki beraneka ragam mineral yang tersebar di berbagai kepulauan nusantara, aluminium adalah salah satunya. Aluminium adalah logam ringan yang cukup penting peranannya dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur yang sangat reaktif sehingga mudah bereaksi membentuk senyawa turunannya, salah satu contoh senyawa turunan yang banyak digunakan adalah aluminium hidroksida (Hakim dan Marsalin, 2017).

Aluminium hidroksida memiliki berbagai macam manfaat, yaitu sebagai adsorben, pengemulsi, penukar ion, digunakan pada kromatografi, pembuatan kaca, kertas, tembikar, tinta cetak, bahan pelumas, deterjen, dan kain tahan air. Selain itu, aluminium hidroksida juga dapat digunakan sebagai media penyaring, serbuk pengering, sebagai gel kering dan obat maag dalam industri obat, serta digunakan dalam pembuatan pasta gigi. Pada bidang *veteriner*, aluminium hidroksida dapat digunakan sebagai vaksin, antasida, dan pelindung saluran pencernaan hewan (Sentra Informasi Keracunan Nasional, 2011). Aluminium hidroksida juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan senyawa aluminium lainnya, misalnya aluminium sulfat, polialuminium klorida, aluminium klorida, zeolit, natrium aluminat, alumina aktif, dan aluminium nitrat (Damayanti, 2019).

Kebutuhan aluminium hidroksida di Indonesia tiap tahun terus mengalami peningkatan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat dari nilai impor dan ekspor dari produk aluminium hidroksida. Terhitung mulai dari tahun 2012 hingga 2018 nilai impor aluminium hidroksida ke Indonesia terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2012, nilai impor aluminium hidroksida sebesar 99.238,092 ton dan tahun 2013 serta 2014 masing-masing sebesar 120.276,442 ton dan 127.832,499 ton hingga tahun 2018 mencapai 138.824,108 ton. Nilai ekspor aluminium hidroksida di Indonesia cukup rendah, tercatat pada tahun 2012 hingga 2014 berurutan sebesar 323,180 ton, 152,007 ton dan 60,003 ton. Namun, pada tahun 2018, nilai ekspor aluminium hidroksida meningkat signifikan hingga 4.368,550 ton (Badan Pusat Statistik, 2018).

Penekanan nilai impor suatu barang sangatlah penting untuk dilakukan agar harga rupiah tetap stabil dan tidak cenderung melemah. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi nilai impor produk aluminium hidroksida yang tinggi adalah dengan membangun pabrik aluminium hidroksida di Indonesia. Didirikannya pabrik ini diharapkan dapat menurunkan nilai impor barang dengan menaikkan nilai ekspor dari aluminium hidroksida tersebut. Selain itu, pendirian pabrik aluminium hidroksida ini diharapkan dapat menambah peranan Indonesia dalam memajukan sektor industri, khususnya pada industri kimia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Kata alumen pertama kali diperkenalkan oleh bangsa Romania. Alumen digunakan sebagai obat luka oleh bangsa Romania yang terdapat dalam bentuk aluminium sulfat dan alum (tawas). Kata alumen inilah yang diperkirakan menjadi awal mula kata alumina. Pada tahun 1821, alumina diperkenalkan oleh Berthier yang berhasil menemukan sedimen yang kaya akan alumina yang ia temukan di sekitar Les Baux, kota kecil di Prancis. Sedimen ini dinamakan bauksit yang mengandung mineral aluminium dengan komposisi $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan sejumlah kecil besi. Pada akhir abad ke-19, bauksit diidentifikasi sebagai batuan sedimen yang mengandung aluminium hidroksida dengan sebagian kecil komponen besi, aluminium silikat, dan titanium dioksida (Wefers dan Misra, 1987).

Aluminium hidroksida adalah suatu senyawa kimia dengan rumus molekul $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dapat ditemukan di alam sebagai mineral *gibbsite* dan tiga polimorfnya yaitu *bayerit*, *doyleit*, dan *nordstrandit*. Aluminium hidroksida bersifat amfoterik di alam, yaitu dapat bersifat asam ataupun basa. Hampir semua aluminium hidroksida yang digunakan secara komersial umumnya diproduksi menggunakan proses Bayer. Proses ini melibatkan pelarutan bijian bauksit dalam larutan natrium hidroksida hingga suhu mencapai 270°C . Limbah padat (*tailing* bauksit) dikeluarkan dan aluminium hidroksida diendapkan dari larutan sisa natrium aluminat. Aluminium hidroksida ini kemudian dikonversi menjadi aluminium oksida atau alumina dengan melalui proses kalsinasi menggunakan temperatur tinggi hingga mencapai 1000°C (Handoko dan Muljana, 2009).

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Aluminium Hidroksida

1.3.1. Proses Bayer

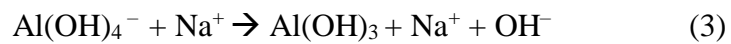
Aluminium hidroksida dapat diperoleh dari pabrik pemurnian bauksit untuk memproduksi alumina. Proses bayer merupakan proses ekstraksi alumina yang terdapat di dalam bauksit. Proses bayer adalah proses produksi Al_2O_3 dari bauksit melalui operasi *leaching* bertekanan menggunakan natrium hidroksida (NaOH). Proses bayer melibatkan 4 tahap utama yaitu *digestion* atau *leaching*, *settling*, *percipitation*, dan kalsinasi. Tahap pertama yaitu *leaching*, bauksit di-*leaching* menggunakan natrium hidroksida membentuk hidroksida aluminat dan partikel yang tidak larut membentuk lumpur berwarna merah. Setelah langkah ini, residu bauksit dipisahkan dari cairan yang mengandung aluminium dengan proses yang dikenal sebagai pengendapan. Kemudian, proses pengendapan aluminium hidroksida murni dilakukan. Selanjutnya, dilakukan kalsinasi aluminium hidroksida dengan temperatur 1000°C untuk memperoleh $>99\%$ alumina murni.

Tahapan pertama dari proses bayer adalah *leaching*. Bahan baku untuk proses ini adalah biji bauksit yang dihancurkan dan digiling menggunakan *ball mill*. Bauksit yang dihancurkan ini sebelumnya dicuci untuk menghilangkan partikel halus yang terikut dalam biji bauksit. Kemudian bauksit dikeringkan. Proses ini dilakukan di dalam autoklaf baja, selama proses steam dialirkan secara langsung memberikan tekanan dan natrium hidroksida melarutkan aluminium dalam bauksit. Senyawa lain seperti oksida besi, silikat, kalsium karbonat dan titanium dioksida tidak terlarut. Aluminium oksida dilarutkan dengan NaOH pada suhu $240\text{-}270^\circ\text{C}$ dan reaksi secara selektif melarutkan aluminium oksida membentuk $\text{Al}(\text{OH})_4^-$.

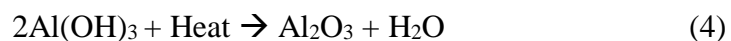


Tahap selanjutnya adalah *settling*. Pada tahap ini dilakukan pemisahan padat cair untuk menghilangkan residu silikat dan oksida besi dari cairan yang mengandung aluminium. *Slurry* kemudian didinginkan hingga temperatur 100°C . *slurry* ini kemudian disaring dengan menggunakan gaya gravitasi, dekantasi atau menggunakan *cyclone* untuk membawa partikel pengotor seperti silika.

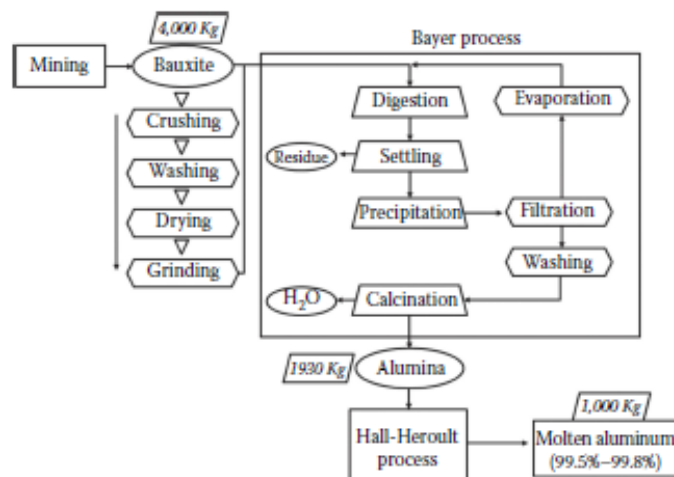
Tahap selanjutnya yaitu percipitasi aluminium hidroksida. Langkah ini merupakan inti dari proses karena pada tahap ini aluminium hidroksida diperoleh kembali dari larutan yang telah dipisahkan dari partikel yang tidak diinginkan. Cairan natrium aluminat (2NaOAl_2) pekat yang panas didinginkan perlahan dan aluminium hidroksida mengendap dari larutan jenuh ketika aluminium hidroksida tambahan dimasukkan untuk membuat pertumbuhan kristal lebih lanjut. *Liquor* kemudian didinginkan hingga 25°C dan diaduk untuk memungkinkan pertumbuhan kristal. Setelah pengendapan, kristal dipisahkan berdasarkan ukuran dalam tangki *clarifyer*. Partikel kasar adalah partikel yang akan digunakan pada langkah kalsinasi, sedangkan kristal ukuran sedang dan halus akan di-*recycle* ke dalam tangki pengendapan untuk digunakan sebagai kristal induk.



Langkah terakhir adalah kalsinasi untuk mengubah aluminium hidroksida menjadi alumina. Langkah ini dilakukan dalam *rotary kiln* atau dalam *fluidized bed* untuk menghilangkan air dari kristal aluminium. *Liquor* terevaporasi dan di-*recycle* untuk di-*leaching*. Aluminium hidroksida dipanaskan hingga temperatur 1000°C dan didapatkan kemurnian produk alumina sebesar 99,9%.



Berikut diagram alir pembuatan alumina dengan proses bayer.

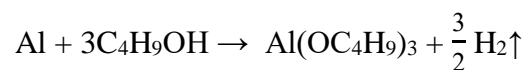


Gambar 1.1. Diagram Alir Proses Bayer

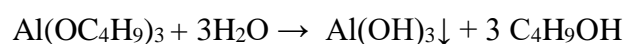
(Sumber: Totten dkk, 2019)

1.3.2. Hidrolisis Aluminium Alkoksida

Berdasarkan US Patent No. 10,526,211 B2, aluminum hidroksida dengan kemurnian tinggi mencapai 99,9% dapat diproduksi melalui proses hidrolisis aluminum alkoksida. Aluminium alkoksida dihasilkan dengan mereaksikan metal aluminium berbentuk ingot atau bubuk dengan alkohol dengan panjang rantai karbon antara C₄-C₈, seperti n-butanol. Metal aluminium dan alkohol direaksikan pada rentang temperatur 80-200°C, bergantung pada alkohol yang digunakan. Rasio molar antara alkohol dan metal aluminium yaitu 3-5:1. Secara teoritis, reaksi yang terjadi antara metal aluminium dan n-butanol adalah sebagai berikut:



Reaksi selanjutnya adalah hidrolisis aluminum alkoksida dengan menggunakan air dengan perbandingan berat antara air dan aluminium alkoksida sebedar 1-3:1. Air dan aluminium alkoksida dimasukkan dalam reaktor hidrolisis secara *co-current*. Temperatur hidrolisis yang digunakan yaitu 50-90°C. reaksi hidrolisis dapat dilakukan dengan pengadukan ataupun tanpa pengadukan. Hasil reaksi hidrolisis adalah aluminium hidroksida berbentuk *slurry* dan alkohol. Alkohol yang dihasilkan dari reaktor hidrolisis di-*recovery* untuk digunakan kembali. Reaksi yang terjadi antara air dan aluminium alkoksida sebagai berikut:



Aluminium hidroksida yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis kemudian difilter dan dilakukan proses *washing*. Proses *washing* dilakukan dengan menggunakan air untuk menghilangkan alkohol yang masih terkandung dalam *cake*. Temperatur air pencucian berkisar antara 40-90°C. Air yang mengandung alkohol kemudian akan dialirkan ke unit recovery untuk memisahkan alkohol dari air, agar alkohol dapat digunakan. *Cake* aluminium hidroksida yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan gas, seperti gas nitrogen, helium dan argon, namun lebih dianjurkan dengan menggunakan aliran udara. Suhu aliran udara yang digunakan untuk mengeringkan *cake* berkisar antara 220-350°C. Aluminium hidroksida kemudian dihancurkan dan ditampung dalam *filler bag*.

1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika dan kimia senyawa-senyawa baik bahan baku maupun produk (utama dan samping) yang dihasilkan, sebagai berikut:

1. Aluminium

Rumus molekul : Al

Rumus bangun :



Massa molar : 26,9815 g/mol

Fase : Solid

Densitas : 2,7 g/cm³

Titik lebur : 993,15 K (660°C)

Titik didih : 2329,15 K (2056°C)

Specific Gravity : 2,70 (25°C)

Temperatur Kritis (T_c) : 7151 K (6877°C)

Tekanan Kritis (P_c) : 5458 bar (545,8 MPa)

Volume Kritis (V_c) : 39 cm³/mol

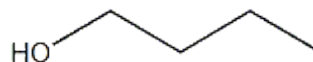
Kelarutan : Tidak larut dalam air

(Sumber: Yaws, 1999)

2. N-Butanol

Rumus molekul : C₄H₉OH

Rumus Bangun :



Massa molar : 74,1222 g/mol

Fase : Liquid

Densitas : 0,806 g/cm³ (pada 25°C)

Titik beku : 183,85 K (-89,3 °C)

Titik didih : 390,81 K (117,66°C)

Tekanan Uap : 6,7 hPa (20°C)

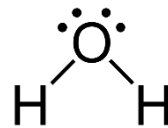
<i>Specific Gravity</i>	: 0,806 (25°C)
Temperatur Kritis (Tc)	: 563,1 K (290,1°C)
Tekanan Kritis (Pc)	: 44,13 bar (43,5529 atm)
Volume Kritis (Vc)	: 274,5 cm ³ /mol
Kelarutan	: Larut dalam air (80 g/L pada 20°C)
ΔH_f pada 298 K	: -327300 kJ/kmol

(Sumber: Yaws, 1999)

3. Air

Rumus Molekul : H₂O

Rumus Bangun :



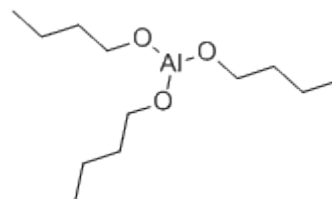
Massa molar	: 18,015 g/mol
Fase	: Liquid pada suhu kamar
Densitas	: 1 g/cm ³ atau 1000 kg/m ³
Titik didih	: 337,15 K (100°C)
Titik beku	: 273,15 K (0°C)
Temperatur Kritis (Tc)	: 647,3 K (374,15 °C)
Tekanan Kritis (Pc)	: 220,55 bar (217,6659 atm)
Volume Kritis (Vc)	: 56 cm ³ /mol
<i>Acentricity</i> (ω)	: 0,345
Faktor Kompresibilitas (Z)	: 0,229

(Sumber: Yaws, 1999)

4. Aluminium Butoksida

Rumus molekul : Al(OC₄H₉)₃

Rumus Bangun :

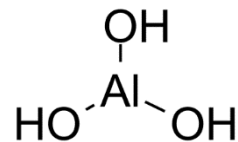


Massa molar	: 246,3247 g/mol
Fase	: liquid
Densitas	: 1,025 g/cm ³ (20°C)
Titik lebur	: 106°C (379 K)
Titik didih	: 242°C (515 K)
<i>Specific Gravity</i>	: 1,025 (20°C)
ΔH_f pada 298 K	: -11976000 kJ/kmol

(Sumber: Speight, 2002)

5. Aluminium Hidroksida

Rumus molekul	: Al(OH) ₃
Rumus Bangun	:



Massa molar	: 78,0031 g/mol
Fase	: Solid
Densitas	: 2,40 g/cm ³
Titik lebur	: 300°C (573 K)
<i>Specific Gravity</i>	: 2,42
Tekanan Uap	: < 0,1 hPa (20°C)
Kelarutan	: tidak larut dalam air
ΔH_f pada 298 K	: -1284000 kJ/kmol

(Sumber: Speight, 2002)

6. Hidrogen

Rumus molekul	: H ₂
Rumus Bangun	:



Massa molar	: 2,0156 g/mol
Fase	: Gas

Densitas	: 0,082 g/L
Titik didih	: 20,39 K (-252,76 °C)
Titik lebur	: 13,95 K (-259,2 °C)
Temperatur Kritis (Tc)	: 33,18 K (-239,97 °C)
Tekanan Kritis (Pc)	: 13,13 bar (12,9583 atm)
Volume Kritis (Vc)	: 64,2 cm ³ /mol

(Sumber: Yaws, 1999)

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D. dan Aziz, M. 2011. Percobaan Pendahuluan Pembuatan Alumina Kualitas Metalurgi dari Bauksit Kalimantan Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol. 7(4): 183-191.
- Assauri, Sofjan. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: FE UI.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. *Kabupaten Gresik*. (Online). <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kab-gresik-2013.pdf>. (Diakses pada 17 September 2020).
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Aluminium Hidroksida dari Tahun 2013-2018*. (Online). <http://www.bps.go.id/>. (Diakses pada Tanggal 14 Februari 2020).
- Bank Indonesia. 2020. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). <https://www.bi.go.id/id/moneter/suku-bunga-penjaminan/Contents/Default.aspx>. (Diakses pada Tanggal 7 Oktober 2020).
- Broughton, J. 1994. *Process Utility System*. Eastbroune: Institution of Chemical Engineers.
- Climate Data Organization. 2020. *Climate Gresik*. (Online). <https://www.climate-data.org>. (Diakses pada 17 September 2020).
- Courses.lumenlearning.com. 2016. *Reading: The Shutdown Point*. (Online). <https://courses.lumenlearning.com/suny-microeconomics/chapter/the-shutdown-point/>. (Diakses pada 20 Oktober 2020).
- Damayanti, P. 2019. *Sintesis Zeolit ZSM-5 dari Silika Sekam Padi dan Aluminium Hidroksida serta Uji Aktivitasnya sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*. Lampung: Universitas Lampung.
- Felder, R. M., dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Fogler, S. H. 2004. *Element of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

- Hakim, L., dan Marsalin, I. 2017. Pemanfaatan Limbah Aluminium Foil untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. Vol. 6(1): 68-81.
- Handoko, T., dan Muljana, H. 2009. Pengaruh Laju Alir Gas Karbondioksida dan Lama Pembakaran dalam Pemurnian Alumina dari Spent Catalyst. *Laporan Penelitian*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Herlambang, G. 2018. *Pengertian dan Definisi Net Present Value (NPV)*. (Online). <https://id.investing.com/analysis/pengertian-dan-definisi-net-prespresent-value-npv-200200035>. (Diakses pada 20 Oktober 2020).
- Inui, M., Teshima, Y., dan Takeuchi, Y. 1995. *Continuous Process For Preparing Alumnum Hydroxide*. US Patent No. 5,455,019.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya
- Kementerian PU. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kemmer, F. N. 1988. *The NALCO Water Handbook*. United States: McGraw-Hill
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kurniawan, A. 2020. *Pengertian Badan Hukum – Bentuk, Perusahaan, Perbedaan, Persekutuan, Firma, CV*. (Online). <https://www.guru.pendidikan.co.id/perusahaan-badan-hukum/>. (Diakses pada tanggal 12 Oktober 2020).
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2014. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 7 Oktober 2020).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook 12th Edition*. Oklahoma: University of Tulsa.
- Moran, Sean. 2017. *Process Plant Layout, 2nd Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Newnan, D. G., Eschenbach, T. G., Lavelle, J. P. 2012. *Engineering Economic Analysis*. New York: Oxford University Press, Inc.

- Nurlia. 2019. Pengaruh Struktur Organisasi Terhadap Pengukuran Kualitas Pelayanan (Perbandingan Antara Ekspektasi /Harapan Dengan Hasil Kerja). *Meraja Journal*. Vol. 2(2): 51-66.
- Peraturan Daerah No. 5 Tahun 2012. Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Gresik Tahun 2015.
- Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2010. Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030.
- Perry, R. H. Dan Green D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers' 8th Edition*. United State: McGraw-Hill
- Perry, R. H., Green D. W. dan Maloeney, J. O. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 7th Edition*. United State: McGraw-Hill
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edisi 4*. Singapore: McGraw Hill.
- PT Citra Cendekia Indonesia. 2017. *Produsen Aluminium Hydroxide*. (Online). [http://cci-indonesia.com/produsen-aluminium-hydroxide/#:~:text=PT.%20Indonesia%20Chemical%20Alumina%20merupakan,chemical%20grade%20alumina%20\(CGA\)](http://cci-indonesia.com/produsen-aluminium-hydroxide/#:~:text=PT.%20Indonesia%20Chemical%20Alumina%20merupakan,chemical%20grade%20alumina%20(CGA).). (Diakses pada Tanggal 21 November 2020).
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. Rgr. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5th Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Rifai, B. 2009. Peran Komisaris Independen dalam Mewujudkan *Good Corporate Governance* di Perusahaan Publik. *Jurnal Hukum*. Vol. 16(3): 396-412.
- Salvatore, D., dan Diulio, E. 2003. *Principles of Economics*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Sentra Informasi Keracunan Nasional. 2011. *Aluminium Hidroksida*. Jakarta: BPOM RI.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.

- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Speight, J. G. 2002. *Lange's Handbook of Chemistry Sixteenth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- The Engineering Toolbox. 2020. *Engineering ToolBox*. (Online). <https://www.engineeringtoolbox.com/>. (Diakses pada 1 September 2020).
- Totten, G. E. Tiryakioglu, M. dan Kessler, O. 2019. *Encyclopedia of Aluminum and Its Alloy*. CRC Press
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1995. Tentang Perseroan Terbatas. (Online). <https://www.bphn.go.id/data/documents/95uu001.pdf>. (Diakses pada Tanggal 12 Oktober 2020).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003. Tentang Ketenagakerjaan. (Online). http://www.kemenperin.go.id/kompetensi/UU_13_2003.pdf. (Diakses pada Tanggal 12 Oktober 2020).
- Vilbrandt, F. C. dan Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, 4th Edition*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Weber, W. W., Hill, R. F., dan Weeks, T. J. 1980. Process for Preparing Aluminum Alkoxide. US Patent No. 4,242,271.
- Wefers, K., dan Misra, C. 1987. *Oxides and Hydroxides of Aluminum*. Amerika Serikat: Alcoa Laboratories.
- Widarti, P. 2019. Parna Maspion Bakal Sediakan Amonia 300.000 Ton/Tahun. (Online). <https://surabaya.bisnis.com/read/20190926/532/1152540/parna-maspion-bakal-sediakan-amonia-300.000-tontahun>. (Diakses pada 17 September 2020).
- Yang, Y. dan Ma, A. 2020. *Method of Producing a Highly-Pure Aluminum Hydroxide*. US Patent No. 10,526,211 B2
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.