

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM KLORIDA
HEKSAHIDRAT DARI ALUMINA DAN ASAM KLORIDA
DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
(Perancangan Crystallizer (CR-501))**

(Skripsi)

Oleh:

**ALFRED CREYNA MUHAMMAD TAUFIKHAN
(1715041034)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM KLORIDA HEKSAHIDRAT DARI ALUMINA DAN ASAM KLORIDA DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

(Perancangan Crystallizer (CR-501))

Oleh

ALFRED CREYNA MUHAMMAD TAUFIKHAN

Aluminium klorida merupakan zat kimia yang banyak digunakan untuk beberapa proses kimia seperti antiperspirant/deodorant, pengolahan air, katalis dan lain-lain. Aluminium klorida umumnya dihasilkan dari reaksi antara aluminium oksida dengan asam klorida. Penyediaan kebutuhan aluminium klorida dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik aluminium klorida memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik aluminium klorida direncanakan sebesar 35.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Sanggau, Kalimantan Barat. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 136 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp301.465.535.906
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp53.199.800.454
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp354.665.336.361
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 25%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 1,58 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,25 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 45%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 29%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 36%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik aluminium klorida ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ALUMINIUM CHLORIDE HEXAHYDRATE FROM ALUMINA AND HYDROCHLORIC ACID WITH CAPACITY 35.000 TONS/YEARR (Design of Crystallizer (CR-501))

By

ALFRED CREYNA MUHAMMAD TAUFIKHAN

Aluminum chloride is a chemical substance that is widely used for several chemical processes such as antiperspirant/deodorant, water treatment, catalyst and others. Aluminum chloride is generally produced from the reaction between aluminum oxide and hydrochloric acid. The supply of domestic aluminum chloride needs is still entirely obtained from imports, so the opportunity to establish an aluminum chloride factory has good prospects. Provision of factory utilities in the form of water processing and supply systems as well as air and instrumentation supplies. The production capacity of the aluminum chloride factory is planned at 35,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in Sanggau, West Kalimantan. The workforce required is 136 people in the form of a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational structure.

From the economic analysis are obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp301.465.535.906
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp53.199.800.454
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp354.665.336.361
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 25%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 1,58 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 2,25 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 45%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 29%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 36%

Based on the results of the analysis above, the establishment of this aluminum chloride factory is worthy of further study, because it is a factory that is profitable from an economic perspective and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM KLORIDA HEKSAHIDRAT
DARI ALUMINA DAN ASAM KLORIDA DENGAN
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

Oleh

Alfred Creyna Muhammad Taufikhan

1715041034

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2023

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM
KLORIDA HEKSAHIDRAT DARI ALUMINA
DAN ASAM KLORIDA DENGAN KAPASITAS
35.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Crystallizer
(CR-501))**

Nama Mahasiswa : **Alfred Creyna Muhammad Taufikhan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1715041034**

Program Studi : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

Panca Nugrahini F, S.T., M.T.
NIP. 197302032000032001

Donny Lesmana, S.T., M.Sc.
NIP. 198410082008121003

2. Ketua Jurusan

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Panca Nugrahini F, S.T., M.T.

Sekretaris

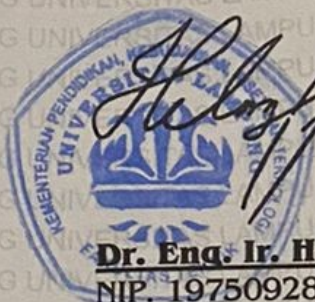
: Donny Lesmana, S.T., M.Sc.

Penguji

Bukan Pembimbing I : Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.

Bukan Pembimbing II : Yuli Darni, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Desember 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 1 Februari 2024



Alfred Creyna Muhammad Taufikhan
NPM 1715041034

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Klaten pada tanggal 9 Agustus 1999, anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Agus Taufik, S.E., M.M. dan Ibu Sukarni, S.E.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Al-Irsyad Al-Islamiyah (2004-2005), SDN Karang Pawitan 1 (2005-2010), SDN 1 Sukaraja (2011), SMPN 25 Bandar Lampung (2011-2014) dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 10 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Tunas Baru Lampung (Pabrik Minyak Kelapa Sawit 1) Terbanggi Besar, Lampung Tengah dengan tugas khusus “Evaluasi Kinerja Alat Digester dan *Screw Press*” serta menjalankan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Promoting Microbes* dan *Molase* pada Kandungan Hara Makro Pembuatan Pupuk Organik Padat dari Limbah Cangkang Telur dan Serbuk Kayu Menggunakan Bioreaktor” selama kurang lebih 1 tahun di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Mikrobiologi di Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia serta Asisten Praktikum Fisika Teknik di Laboratorium Fisika Teknik.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Hubungan Luar Himatemia FT Unila Periode 2018, Eksekutif Muda BEM FT UNILA 2018, Staff Dinas Eksternal BEM FT UNILA 2019, Kepala Departemen Hubungan Luar Himatemia FT Unila Periode 2019, Pimpinan Daerah 1 Bidang Publikasi dan Komunikasi BKKMTKI 2018-2020.

Motto dan Persembahan

“Waktu yang Kita Habiskan bersama Kucing
Tidak Pernah Sia-Sia”
(Sigmund Freud)

“Ambilah kebaikan dari apa yang dikatakan,
jangan melihat siapa yang mengatakannya”
(Nabi Muhammad SAW)

“Man Proposes, God Disposes”
(Edwin Landseer)

“Dan Dia Memberikan Rezeki dari arah yang
tidak disangka-sangka”
(Surat At-Talaq Ayat 3)

“Tetap teguh dalam pendirian. Jangan goyah,
jangan gentar”
(Prabowo Subianto)

Sebuah Karya

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT

Hanya dengan berkat Rahmat dan Ridho-nya aku dapat menyelesaikan karyaku ini dan mampu bertahan selama ini.

Kedua Orang Tuaku

Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, bantuan, pengorbanan, keikhlasan serta kesabarannya. Terimakasih untuk tidak menyerah dan terus mendukungku selama ini.

Adikku

Terimakasih atas dukungan, doa dan motivasinya selama ini.

Kucingku

Terimakasih atas hiburan dikala suntuk.

Sahabat-sahabatku,

Terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini.

Para Pengajar sebagai tanda hormatku,

Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.

Dan tak lupa kupersembahkan kepada
Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Aluminium Klorida Heksahidrat dari Alumina dan Asam Klorida dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberikan motivasi serta senantiasa mengingatkan dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

4. Ibu Dr. Eng Dewi Agustina I, S.T., M.T. dan Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Peguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah mengaktifkan logika berfikir terhadap tugas akhir yang dikerjakan dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Heri Rustamaji S.T., M.T. dan Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi dan semangat selama masa kuliah.
6. Kedua orang tua saya atas dukungan, doa, semangat moril.
7. Youlanda Silvia Irawan atas semangat yang telah diberikan agar saya cepat lulus dari Teknik Kimia.
8. Alm. Miko, Alm Nala, Nara, Moca, Miwa, dan Bun-Bun atas perhatian semangat dan gangguan ketika penulis sedang mengerjakan skripsi.
9. Fikri Muhammad sebagai partner Tugas Akhir yang sudah membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Angkatan 2017 yang berjalan beriringan dan saling mendukung selama masa perkuliahan ini. Terimakasih sudah meringankan beban perkuliahan maupun organisasi, terimakasih atas pengertiannya selama ini
11. Teman-teman MABESHOD, Ashari, Agung, Fikri, Didi, Topan, Heri, Ciu, , dan lainnya yang sudah banyak memberikan pengalaman hidup selama di Teknik Kimia
12. Kakak-Kakak Alumni 2010-2015, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
13. Kakak-kakak 2016, Ali, Agoy, Pardo, Nopal, Isya, Niza, Cece, dll terimakasih atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama perkuliahan
14. Adik-adik Departemen Hubungan Luar, terimakasih atas dedikasi yang telah diberikan, semoga hublu semakin jaya.
15. Adik-Adik mahasiswa teknik kimia Angkatan 2018-2021 yang telah banyak membantu penulis dalam kehidupan di Teknik kimia.
16. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.

17. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin

Bandarlampung, 1 Februari 2024

Penulis

Alfred Creyna Muhammad

Taufikhan

NPM. 1715041034

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.....	
Latar Belakang.....	1
1.2.....	
Kegunaan Produk.....	3
1.3.....	
Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.4.....	
Perbandingan Pemilihan Produk	5
1.5.....	
Analisis Pasar.....	6
1.6.....	
Kapasitas Produksi.....	15
1.7.....	
Lokasi Pabrik.....	16
BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES	20
2.1 Jenis-Jenis Proses.....	20
2.2 Pemilihan Proses.....	22
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK	34
3.1 Spesifikasi Bahan.....	34
3.2 Spesifikasi Produk.....	36

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	39
4.1 Neraca Massa.....	41
4.2 Neraca Energi.....	47
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	51
5.1 Spesifikasi Alat Proses.....	51
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas.....	79
BAB VI UTILITAS.....	107
6.1 Unit Penyedia Air.....	107
6.2 Unit Penyedia Steam.....	118
6.3 Unit Penyedia Oksigen dan Udara.....	119
6.4 Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik.....	119
6.5 Laboratorium.....	120
6.6 Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	124
BAB VII Lokasi dan Tata Letak Pabrik.....	127
7.1 Landasan Teori.....	127
7.2 Lokasi Pabrik.....	133
7.3 Tata Letak Pabrik.....	135
7.4 Perincian Luas Tanah.....	137
BAB VIII Sistem Manajemen dan Organisasi Perusahaan.....	141
8.1 Bentuk Perusahaan.....	141
8.2 Struktur Prganisasi Perusahaan.....	144
8.3 Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	155
8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	156
8.5 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	159
BAB IX Investasi dan Evaluasi Ekonomi.....	168
9.1 Investasi.....	168
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	175
9.3 Angsuran Pinjaman.....	178
9.4 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	178
BAB X SIMPULAN DAN SARAN.....	180
10.1 SIMPULAN.....	180
10.2 SARAN.....	180

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI
LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Ketersediaan Bauksit.....	4
Tabel 1.2. Kapasitas Produksi Al_2O_3	4
Tabel 1.3. Ketersediaan Import Al_2O_3	5
Tabel 1.4. Perbandingan Ekonomi Bahan Baku.....	6
Tabel 1.5. Kapasitas Impor Senyawa $AlCl_3$ di ASEAN tahun 2021.....	7
Tabel 1.6. Produksi Aluminium Klorida di Indonesia.....	8
Tabel 1.7. Kebutuhan aluminium klorida pada industri antiperspirant/deodorant. .	9
Tabel 1.8. Kebutuhan aluminium klorida pada penjernihan air dan pengolahan air limbah.....	10
Tabel 1.9. Data impor aluminium klorida di Indonesia tahun 2017-2021.....	11
Tabel 1.10. Data ekspor aluminium klorida di Indonesia tahun 2017-2021.....	11
Tabel 1.11. Kebutuhan aluminium klorida di pada pabrik di Indonesia.....	13
Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk.....	22
Table 2.2 Komposisi Alumina.....	23
Table 2.3. $\Delta H^{\circ}_{f 298}$; $\Delta G^{\circ}_{f 298}$; dan konstanta <i>Specific Heat</i> (C_p).....	25
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk.....	28
Table 2.5. Nilai ΔH°_{f} dan ΔG°_{f} pada keadaan standar.....	30
Table 2.6. Koefisien panas pada setiap komponen pada suhu reaksi 500°C.....	31
Table 2.7. Perbandingan Proses Produksi Aluminium Klorida.....	32
Tabel 3.1. Tabel Komposisi Pasir Alumina.....	34
Tabel 4.1. Neraca massa pada <i>Silo Storage</i>	40
Tabel 4.2. Neraca massa pada <i>Rotary Heater</i>	41
Tabel 4.3. Neraca Massa pada <i>Solution Tank</i>	42
Tabel 4.4. Neraca massa pada <i>Heater</i>	42
Tabel 4.5. Neraca Massa Pada Reaktor.....	43
Tabel 4.6. Neraca Massa Pada <i>Centrifuge</i>	44
Tabel 4.7. Neraca Massa Pada Evaporator.....	45
Tabel 4.8. Neraca Massa Pada <i>Crystallizer</i>	46
Tabel 4.9. Neraca Massa Pada <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>	46
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Rotary Heater</i> (RH-101).....	47

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Solution Tank</i>	47
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Heater</i> (H-101).....	48
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Neraca Energi Reaktor (RE-201).....	48
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Centrifuge</i>	49
Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Cooler</i> 1.....	49
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Evaporator effect</i> 1.....	49
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Evaporator effect</i> 2.....	50
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR-501).....	50
Tabel 5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (T-101).....	51
Tabel 5.2. Spesifikasi Pompa (PP-101).....	52
Tabel 5.3. Spesifikasi Pompa (PP-101).....	53
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Solution Tank</i> (ST-101).....	53
Tabel 5.5. Spesifikasi Pompa (PP-102).....	54
Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Heater</i> (H-101).....	55
Tabel 5.7. Spesifikasi Pompa (PP-103).....	56
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Silo Storage</i> (SS-101).....	57
Tabel 5.9. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	58
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	58
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Rotary Heater</i> (RH-101).....	59
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	60
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102).....	61
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HO-201).....	62
Tabel 5.15. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	62
Tabel 5.16. Spesifikasi Pompa (PP-201).....	63
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Cooler</i> (C-301).....	64
Tabel 5.18. Spesifikasi Pompa (PP-301).....	65
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	66
Tabel 5.20. Spesifikasi Pompa (PP-302).....	66
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Evaporator</i> Efek 1 (EV-401).....	67
Tabel 5.22. Spesifikasi Pompa (PP-401).....	69
Tabel 5.23. Spesifikasi <i>Evaporator</i> Efek 2 (EV-402).....	69
Tabel 5.24. Spesifikasi Pompa (PP-402).....	71
Tabel 5.25. Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-501).....	72
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-501).....	73
Tabel 5.27. Spesifikasi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-601).....	74
Tabel 5.28. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-601).....	74
Tabel 5.29. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-601).....	75
Tabel 5.30. Spesifikasi Fan (F-101).....	76
Tabel 5.30. Spesifikasi <i>Silo Storage</i> (SS-701).....	76
Tabel 5.32 Spesifikasi Gudang Produk (GP-801).....	77
Tabel 5.33 Spesifikasi <i>Heater</i> Udara (HU-101).....	78
Tabel 5.34. Spesifikasi Bak Sedimentasi.....	79

Tabel 5.35. Spesifikasi Alum <i>Solution Tank</i>	79
Tabel 5.36. Spesifikasi NaOH <i>Solution Tank</i> (ST-402).....	80
Tabel 5.37. Spesifikasi Kaporit <i>Solution Tank</i> (ST-403).....	80
Tabel 5.38. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401).....	81
Tabel 5.39. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	82
Tabel 5.40. Spesifikasi Tangki Air <i>Filter</i> (FWT-401).....	82
Tabel 5.41. Spesifikasi <i>Domestik Water Tank</i> (DOWT-401).....	83
Tabel 5.42. Spesifikasi Tangki Air Hidran (HT-401).....	83
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	84
Tabel 5.44. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	84
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	85
Tabel 5.46. Spesifikasi Asam Sulfat (ST-404).....	85
Tabel 5.47. Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-405).....	86
Tabel 5.48. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-406).....	86
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>Cation Exchange</i> (CE-401).....	87
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Anion Exchange</i> (AE-401).....	87
Tabel 5.51. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (DWT-401).....	88
Tabel 5.52. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-501).....	88
Tabel 5.53. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501).....	89
Tabel 5.54. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501).....	90
Tabel 5.55. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-502).....	90
Tabel 5.56. Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-503).....	91
Tabel 5.57. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-501).....	91
Tabel 5.58. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-501).....	92
Tabel 5.59. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-501).....	92
Tabel 5.60. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU-501).....	92
Tabel 5.61. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU-502).....	93
Tabel 5.62. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU-503).....	93
Tabel 5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas 1 (PU-401).....	93
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas 2 (PU-402).....	94
Tabel 5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas 3 (PU-403).....	94
Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas 4 (PU-404).....	95
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas 5 (PU-405).....	95
Tabel 5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas 6 (PU-406).....	96
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas 7 (PU-407).....	96
Tabel 5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas 8 (PU-408).....	97
Tabel 5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas 9 (PU-409).....	97
Tabel 5.72. Spesifikasi Pompa Utilitas 10 (PU-410).....	98
Tabel 5.73. Spesifikasi Pompa Utilitas 11 (PU-411).....	98
Tabel 5.74. Spesifikasi Pompa Utilitas 12 (PU-412).....	99
Tabel 5.75. Spesifikasi Pompa Utilitas 13 (PU-413).....	100
Tabel 5.76. Spesifikasi Pompa Utilitas 14 (PU-414).....	100

Tabel 5.77. Spesifikasi Pompa Utilitas 15 (PU-415).....	101
Tabel 5.78. Spesifikasi Pompa Utilitas 16 (PU-416A/B).....	101
Tabel 5.79. Spesifikasi Pompa Utilitas 17 (PU-417A/B).....	102
Tabel 5.80. Spesifikasi Pompa Utilitas 18 (PU-418).....	103
Tabel 5.81. Spesifikasi Pompa Utilitas 19 (PU-419).....	103
Tabel 5.82. Spesifikasi Pompa Utilitas 20 (PU-501).....	104
Tabel 5.83. Spesifikasi Pompa Utilitas 21 (PU-502).....	104
Tabel 5.84. Spesifikasi Pompa Utilitas 22 (PU-503).....	105
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	107
Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam (Boiler Feed Water)</i>	109
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	111
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Proses.....	114
Tabel 6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	125
Tabel 6.8 Pengendalian Variabel Utama Proses.....	126
Tabel 7.1. Perincian Luas Tanah.....	137
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu.....	158
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan.....	159
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	161
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	162
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	162
Tabel 9.1 Perincian TCI Pabrik Aluminium Klorida Heksahidrat.....	169
Tabel 9.2 Manufacturing Cost.....	171
Tabel 9.3 General Expenses.....	173
Tabel 9.4. Perincian TPC Pabrik Aluminium Klorida Heksahidrat.....	173
Tabel 9.5 Minimum Acceptable Percent Return On Investment.....	175
Tabel 9.6 <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	176
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik kapasitas produksi aluminium klorida di Indonesia.....	9
Gambar 1.2 Grafik data import Aluminium Klorida Indonesia.....	12
Gambar 1.3 Grafik data Eksport Aluminium Klorida Indonesia.....	13
Gambar 1.4. Grafik Kebutuhan Aluminium Klorida.....	14
Gambar 1.5. Lokasi Pabrik.....	19
Gambar 4.1. Bagan Aliran Silo Storage (SS-101).....	40
Gambar 4.2. Bagan Aliran Rotary Heater (RH-101).....	41
Gambar 4.3. Bagan Aliran Solution Tank (ST-101).....	41
Gambar 4.4. Bagan Aliran Heater (H-101).....	42
Gambar 4.5. Bagan Aliran Reaktor (RE-201).....	43
Gambar 4.6. Bagan Aliran Centrifuge (CF-301).....	44
Gambar 4.7. Bagan Aliran Evaporator (EV-401).....	45
Gambar 4.8. Bagan Aliran Crystallizer (CR-501).....	45
Gambar 4.9. Bagan Aliran Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-601).....	46
Gambar 6.1. Diagram Cooling Water System.....	114
Gambar 7.1. Peta Pulau Kalimantan.....	138
Gambar 7.2. Lokasi Pabrik.....	139
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	139
Gambar 7.4. Tata Letak Peralatan Proses.....	140
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	178
Gambar 9.2. Kurva Cumulative Cash Flow.....	179

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam rangka Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN), pemerintah menitikberatkan pembangunan nasional untuk terus mengembangkan sektor industri. RPJP Nasional untuk tahun 2005 sampai dengan 2025 telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007. Pembangunan industri diharapkan dapat mewujudkan kemandirian perekonomian nasional serta menaikkan pangsa pasar baik dalam negeri atau pun luar negeri. Dengan berbagai kebijakan yang telah diambil, pemerintah terus berupaya untuk menciptakan peluang bagi pertumbuhan industri,

Pembangunan industri kimia di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan kualitas maupun kuantitas baik industri yang menghasilkan bahan jadi maupun industri yang menghasilkan bahan setengah jadi. Pembangunan industri kimia untuk menghasilkan produk kimia ini sangatlah penting dengan harapan agar dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri, menciptakan lapangan kerja bagi warga lokal, dan mendukung perkembangan industri serta ekspor.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang melakukan pembangunan besar - besaran di semua sektor industri. Kawasan industri yang paling ditekankan pembangunannya adalah kawasan industri baru yang tersebar di seluruh Indonesia. Pembangunan kawasan industri ini, bertujuan untuk mewujudkan masyarakat Indonesia yang adil dan makmur secara merata dari sisi materil, untuk mewujudkan cita – cita bangsa yakni dapat berdaulat di bidang ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia ini, ditunjang dari beberapa sektor industri seperti industri makanan, *manufacturing* ,*textile* ,otomotif dan industri kimia. Sebagian besar industri kimia yang telah ada di Indonesia masih membutuhkan bahan baku utama maupun bahan baku penunjang yang diperoleh dengan cara impor dari luar negeri, karena masih terbatasnya perkembangan industri kimia di Indonesia.

Salah satu bahan baku utama dan bahan baku penunjang yang masih di impor dari luar negeri adalah Aluminium Klorida ($AlCl_3$). pasar, yang mana katalis biasa digunakan adalah aluminium chloride. Indonesia saat ini masih mengimpor dari luar negeri. Saat ini dari tahun ke tahun kebutuhan aluminium klorida mengalami peningkatan sebesar 724.746,4 ton/tahun di tahun 2022 (BPS, 2022). Senyawa ini menjadi bahan baku utama maupun bahan baku penunjang bagi beberapa industri di Indonesia, seperti :, industri cat, penyulingan minyak, produksi karet sintetik, pembuatan detergen, sebagai pelumas dan pengwet kayu dan industri kimia, sebagai katalis dari reaksi Friedel–Crafts, baik sebagai alkilasi dan alkilasi, contohnya untuk preparasi *antraquinone* (industri zat pewarna) dari benzen dan fosgen. Beberapa industri tersebut, memiliki prospek dan orientasi yang sangat

baik dan tengah mengalami perkembangan hingga tahun – tahun kedepan, sehingga besarnya permintaan senyawa aluminium klorida (AlCl_3) juga akan semakin meningkat.

Oleh karena itu, maka perlu untuk didirikannya pabrik aluminium klorida (AlCl_3) di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan senyawa tersebut di Indonesia (pasar domestik) dan beberapa negara di kawasan Asia Tenggara (pasar regional) yang diharapkan dapat meningkatkan daya saing perekonomian Indonesia di dalam negeri dan di kawasan Asia Tenggara, serta memberikan dampak positif dalam segala bidang salah satunya adalah dibukanya lapangan kerja baru, sehingga dapat menyerap tenaga kerja dan mengurangi pengangguran di Indonesia. Selain itu juga, dengan didirikannya pabrik ini di Indonesia maka dapat lebih memacu tumbuhnya industri - industri kimia baru di Indonesia yang menggunakan senyawa aluminium klorida (AlCl_3) sebagai bahan baku utama maupun bahan tambahan.

1.2. Kegunaan Produk

Aluminium klorida (AlCl_3) yang dihasilkan merupakan salah satu produk yang memiliki banyak kegunaan, baik digunakan sebagai bahan baku utama maupun bahan baku penunjang, yaitu :

- Aluminium klorida digunakan dalam manufaktur cat, , penyulingan minyak, produksi karet sintetik, pembuatan detergen, sebagai pelumas dan pengwet kayu dan sebagai bahan aktif dalam antiperspirant/deodorant.
- Pada industri kimia, Aluminium klorida digunakan sebagai katalis dari reaksi Friedel–Crafts, baik sebagai alkilasi dan arilasi, contohnya untuk preparasi *antraquinone* (industri zat pewarna) dari benzen dan fosgen. Produk yang

dihasilkan antara lain detergen dan etilbenzen. Zat ini juga digunakan pada reaksi polimerisasi dan isomerisasi hidrokarbon. Digunakan untuk pengolahan air dan sebagai *astringent* dalam kosmetik

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu hal yang menjadi syarat penting yang mendasari pendirian suatu pabrik adalah ketersediaan dari bahan baku. Bahan baku untuk menghasilkan Aluminium klorida (AlCl_3) adalah senyawa Alumina/Aluminium Oksida (Al_2O_3) yang dapat diperoleh dari 3 sumber yaitu Bauksit, Al_2O_3 dalam negeri, dan Al_2O_3 impor. Berikut beberapa wilayah beserta ketersediaan bahan bakunya.

Bahan baku dari bauksit:

Tabel 1.1. Ketersediaan Bauksit

Provinsi	Jumlah Ketersediaan Bauksit (Ton)
Kalimantan Barat	< 2.100 Juta
Riau	<300 Juta
Bangka Belitung	3,1 Juta

(Kompas, 2022)

Bahan baku dari Al_2O_3 dalam negeri :

Tabel 1.2. Kapasitas Produksi Al_2O_3

Pabrik penghasil Al_2O_3	Jumlah Kapasitas Produksi (Ton/tahun)
PT Indonesia Asahan Aluminium	250.000
PT Indonesia Chemical Alumina	300.000

PT Aneka Tambang	1.000.000
------------------	-----------

(Kementrian ESDM, 2022)

Bahan baku dari Al₂O₃ impor:

Tabel 1.3. Ketersediaan Import Al₂O₃

Negara Penghasil Al ₂ O ₃	Jumlah Produksi (juta metric ton)
Tiongkok	39 Juta
India	3,9 Juta
Rusia	3,7 Juta

(Katadata, 2023)

1.4. Perbandingan Pemilihan Bahan Baku

Pengambilan keputusan biaya bahan baku sangat penting di dalam suatu industri, karena selain biaya tenaga kerja, bahan baku utama merupakan salah satu faktor yang akan menentukan biaya produksi suatu produk serta biaya overhead lainnya. Pengalokasian biaya harus dilakukan secara benar dan terperinci untuk memudahkan manajemen dalam mengambil keputusan yang tepat. Oleh sebab itu untuk dapat mencapai bahan baku yang efisien, maka diperlukan suatu pengendalian terhadap biaya bahan baku yang akan dikeluarkan. Biaya bahan baku harus dapat diefisienkan agar tidak terjadi pemborosan. Berikut ini adalah tabel perbandingan secara kasar biaya bahan baku dengan melihat biaya produksi :

Tabel 1.4. Perbandingan Ekonomi Bahan Baku

PRODUKSI	LOKAL	IMPORT
----------	-------	--------

1. Harga Bahan Baku = Bauksit = Rp 450,-/kg NaOH = Rp 18.000,-/kg Batu Bara(Kalsinasi) = Rp 968.7,-/Kg	1. Produksi Alumina lokal terbesar dari PT. Antam 2. Harga jual alumina PT. Antam sebesar = 433 USD/ton. 0,433 USD/kg Rp 6.496/Kg (Belum termasuk Transportasi)	1. Import Alumina terbesar dari Tiongkok. 2. Harga Import Al ₂ O ₃ per kilogram = 0,92 USD/ Rp 13.841,21,-/Kg (Belum termasuk Transportasi) 3. Harga Transportasi/ m ³ dari China = Rp 7.500.000/m ³ Rp 250.000/kg
2. Konsumsi Bahan Baku/1 Kg Bauksit NaOH 13% (pengenceran) = Rp 4.680,- Batubara (Kalsinasi) = Rp 1.480,-	3. Transportasi darat (tronton) = Rp 8.000.000/45 ton	
3. Total Biaya Produksi alumina/1 kg adalah Rp 6.610,-		

**(Belum termasuk
Biaya Utilitas,
Kelistrikan dan
pengolahan limbah)**

(Dataun.org)

(Annual Report PT.
Antam)

Dengan melihat hal tersebut maka bahan baku yang paling efektif digunakan untuk diolah menjadi Aluminium klorida (AlCl₃) adalah Alumina/Aluminium Oksida (Al₂O₃) dalam negeri.

1.5. Analisis Pasar

Analisa pasar merupakan langkah yang cukup fundamental untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap produk aluminium klorida (AlCl₃), serta untuk melihat besarnya persaingan dari pemasaran produk tersebut kedepannya. Pasar yang direncanakan menjadi sasaran utama dari produk ini adalah sektor industri kimia yang ada di dalam negeri yang saat ini tengah mengalami perkembangan yang cukup signifikan serta beberapa negara yang

berada di kawasan Asia Tenggara (ASEAN) yang membutuhkan senyawa aluminium klorida (AlCl_3), seiring dengan diberlakukannya pasar bebas ASEAN pada tahun 2016.

Analisa pasar dilakukan dengan cara melihat besarnya kebutuhan impor senyawa aluminium klorida (AlCl_3) tersebut di Indonesia dan besarnya kebutuhan impor senyawa aluminium klorida (AlCl_3) di beberapa negara – negara di kawasan Asia Tenggara pada tahun 2021, seperti tertera pada tabel berikut :

Tabel 1.5. Kapasitas Impor Senyawa AlCl_3 di ASEAN tahun 2021

No.	Negara	Kapasitas <i>Impor</i> (Ton)
1.	Indonesia	43.297,60
2.	Malaysia	36.205,90
3.	Vietnam	28.694,83
4.	Thailand	4.932,70
5.	Philipina	13.841,45

Sumber : UNdata.org, 2023

Berdasarkan tabel 1.2 tersebut, maka dapat dilihat bahwa kapasitas impor senyawa AlCl_3 yang terbesar di kawasan Asia Tenggara adalah Indonesia. Hal ini mengindikasikan bahwa kebergantungan Indonesia terhadap impor AlCl_3 yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara.

Selain itu, pasar di kawasan Asia Tenggara juga cukup menjanjikan, bila dilihat dari kapasitas impor beberapa negara – negara tersebut. Pemilihan target pemasaran mancanegara ini didasarkan oleh banyaknya kapasitas impor senyawa potassium karbonat tersebut. Beberapa negara di kawasan ASEAN selain

Indonesia dengan kapasitas impor AlCl_3 yang tinggi adalah negara Malaysia, Vietnam.

Oleh karena itu, maka target utama dari pemasaran produk aluminium klorida (AlCl_3) ini adalah pasar domestik yaitu di dalam negeri, serta pasar mancanegara yaitu Malaysia dan Vietnam.

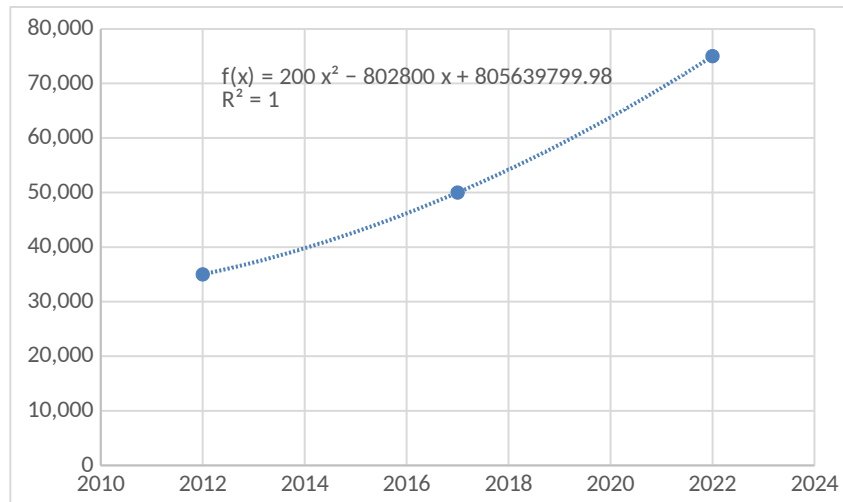
Di pasar domestik yakni di dalam negeri, senyawa aluminium klorida (AlCl_3) digunakan sebagai bahan baku utama maupun penunjang yang terus mengalami peningkatan kebutuhan hingga beberapa tahun kedepan. Adapun beberapa industri kimia di Indonesia yang membutuhkan senyawa tersebut adalah industri zat pewarna, industri cat, industri detergen, dan industri kosmetik

Di Indonesia ada beberapa industri yang sudah memproduksi Aluminium Klorida, adapun industrinya antara lain :

Tabel 1.6. Produksi Aluminium Klorida di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)		
		2012	2017	2022
1.	PT PAC Also	10.000	15.000	20.000
2.	PT PAC Indonesia	15.000	20.000	25.000
3.	PT Primapackimia	25.000	30.000	30.000
Total		50.000	65.000	75.000

Kemudian dilakukan regresi persamaan untuk mendapatkan persamaan yang akan digunakan untuk memprediksi kapasitas produksi aluminium klorida pada tahun 2026.



Gambar 1.1. Grafik kapasitas produksi aluminium klorida di Indonesia

Dari regresi polinomial Gambar 1.1, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y=200x^2 - 802800x + 805.639.800$$

Dimana y adalah kebutuhan (ton) dari x (tahun). Dari persamaan diatas diperoleh data produksi aluminium klorida pada tahun 2026 adalah sebesar 102.200

Adapun industri yang membutuhkan Aluminium Klorida hingga tahun 2022 antara lain :

Tabel 1.7. Kebutuhan aluminium klorida pada industri antiperspirant/deodorant

No	Nama Perusahaan	Kebutuhan (ton/tahun)
1.	PT PZ Cussons Indonesia, Tangerang	7.000
2.	PT Romos Inti Cosmetic Industries.	10.000
3.	PT. Unilever Indonesia, Tbk Indonesia	80.000
4.	PT. Beiersdorf Indonesia	15.000
5.	PT. Paragon Technology and Innovation	10.000
6.	PT.Barclay Products	10.000
7.	PT. Procter & Gamble	10.000
8.	PT. Mandom Indonesia Tbk	5.000
Total		147.000

Tabel 1.8. Kebutuhan aluminium klorida pada penjernihan air dan pengolahan air limbah

No	Nama Perusahaan	Kebutuhan (ton/tahun)
1.	PT. INDORAMA SHYNTHETIC Tbk	120
2.	PT. SRI REJEKI ISMAN	138
3.	PT. ASIA PACIFIK FIBERS	108
4.	PT. INDAH KIAT PULP& PAPPER CORP	240
5.	PT. TWJI KIMIA	210
6.	PT. PINDO DELI	200
Total		1016

Dari tabel 1.3 dan tabel 1.4 maka dapat dilihat total kebutuhan senyawa aluminium klorida pada tahun 2022 sebesar 147.000 ton/tahun dan produksi senyawa aluminium klorida dalam negeri 75.000 ton/tahun.

Banyaknya kebutuhan senyawa aluminium klorida ($AlCl_3$) tersebut tidak diimbangi dengan proses produksi senyawa tersebut di Indonesia hingga tahun 2022 ini. Sehingga besarnya kebutuhan senyawa ini di Indonesia dipenuhi dengan cara mengimpor senyawa tersebut.

Kebutuhan aluminium klorida di Indonesia setiap tahun terus meningkat seiring dengan laju pembangunan di berbagai bidang industri yang semakin pesat. Kebutuhan aluminium klorida di Indonesia dilihat dari data impor dan data ekspor yang didapat dari *United Nation Data* dapat dilihat pada Tabel 1.2. Sedangkan data ekspor aluminium klorida Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.9. Data impor aluminium klorida di Indonesia tahun 2017-2021

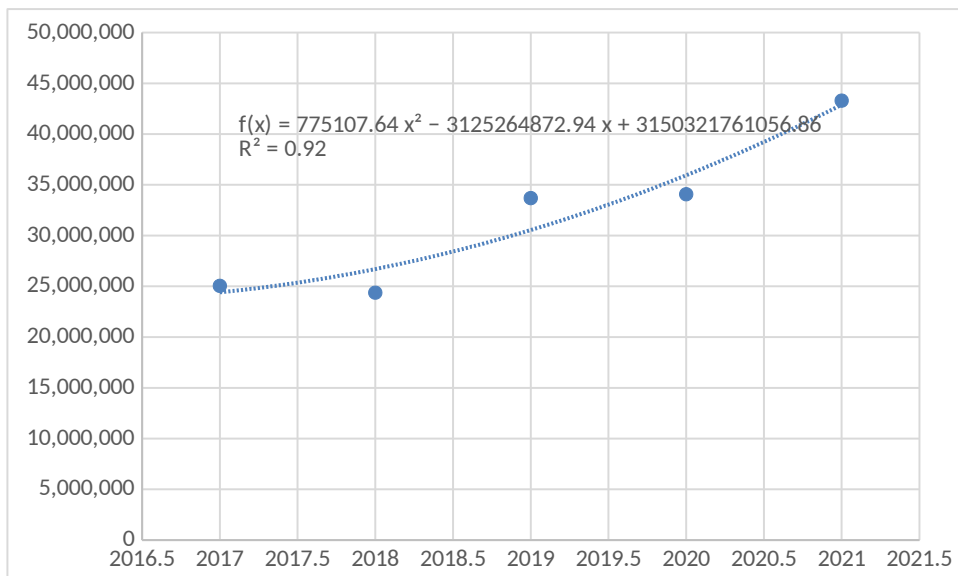
Sumber :	Tahun	X	Jumlah (ton)	
Nation	2017	1	25.048,73	<i>United Data, 2023</i>
	2018	2	24.376,69	
	2019	3	33.693,81	
	2020	4	34.076,84	
	2021	5	43.297,60	

Tabel 1.10.
aluminium
Indonesia
2021

Data ekspor klorida di tahun 2017-

Tahun	X	Jumlah (ton)
2017	1	7.698,33
2018	2	5.669,96
2019	3	4.613,64
2020	4	3.608,60
2021	5	2.723,49

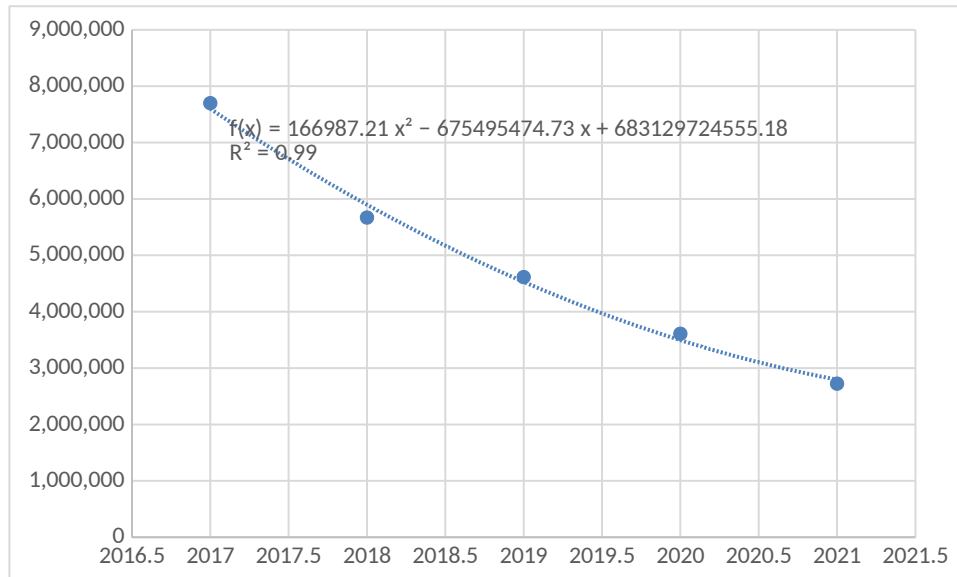
Sumber : *United Nation Data, 2023*



Gambar 1.2 Grafik data import Aluminium Klorida Indonesia

Berdasarkan data impor aluminium klorida di Indonesia pada Tabel 1.5., dapat diperoleh persamaan polynomial, $y = 775108x^2 - 3125264873x + 3150321761279$. Jika persamaan tersebut diproyeksikan seperti pada Gambar 1.2., untuk tahun

2026, jumlah impor aluminium klorida ke Indonesia ditaksir sekitar 102.333,58 ton.



Gambar 1.3 Grafik data Eksport Aluminium Klorida Indonesia

Dari data ekspor aluminium klorida di Indonesia pada Tabel 1.6, maka didapat regresi persamaan polynomial, $Y = 166987(x^2) - 675495475(x) + 683129724613$, dari persamaan tersebut dapat diprediksi ekspor aluminium klorida pada tahun 2026 sebesar 3.423,7 ton/tahun

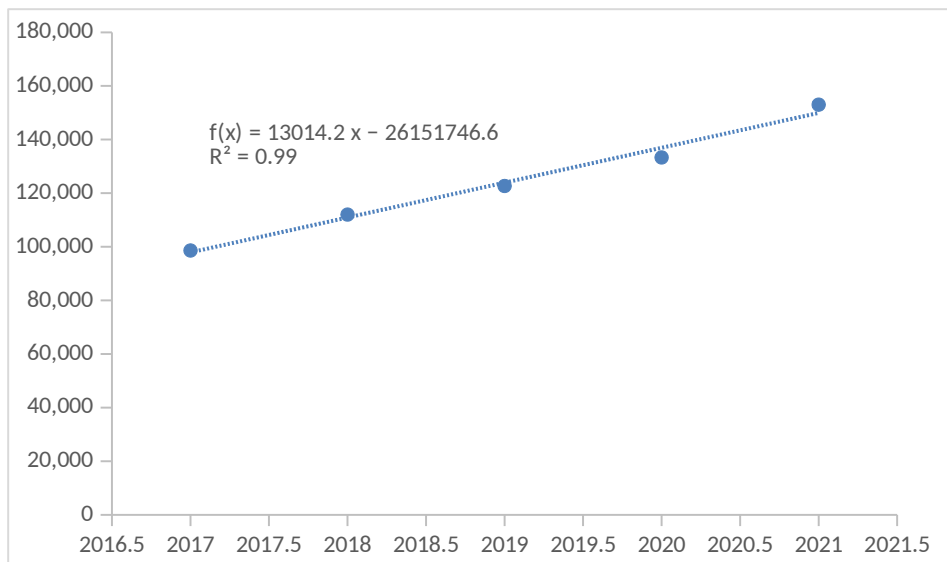
Untuk menentukan kapasitas pabrik aluminium klorida, maka dilakukan prediksi kebutuhan aluminium klorida pada tahun 2026 dengan meregresi kebutuhan pabrik yang menggunakan aluminium klorida. Adapun pabrik yang menggunakan aluminium klorida adalah industri cat, penyulingan minyak, industri karet sintetik, industri detergen, perusahaan dalam bidang instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan sebagai bahan aktif dalam antipersiprant/deodorant. Berikut data penggunaan aluminium klorida pada pabri di Indonesia :

Tabel 1.11. Kebutuhan aluminium klorida di pada pabrik di Indonesia.

Tahun	X	Jumlah (ton)
2017	1	98.600

2018	2	112.010
2019	3	122.670
2020	4	133.320
2021	5	153.016

Untuk menentukan kapasitas pabrik aluminium klorida, maka penulis melakukan prediksi kebutuhan aluminium klorida di Indonesia pada tahun 2026 dengan mengregresi kebutuhan aluminium klorida dari tahun 2017 sehingga didapatkan data sebagai berikut



Gambar 1.4. Grafik Kebutuhan Aluminium Klorida

Dari hasil diatas, maka dapat diperoleh sebuah persamaan yang menghubungkan antara kebutuhan aluminium klorida di Indonesia dengan tahun yaitu sebagai berikut:

$$y = 13.014x - 26.151.747$$

$$y (2026) = 214.617 \text{ ton}$$

dimana y adalah prediksi kebutuhan $AlCl_3$ pada tahun tertentu dan x adalah tahun dimana pabrik akan didirikan. Oleh karena itu, maka banyaknta kebutuhan $AlCl_3$ di Indonesia pada tahun 2026 diprediksi sebesar 214.617 ton. Jumlah tersebut dapat digunakan sebagai acuan peluang kapasitas kapasitas pabrik.

Berdasarkan data diatas peluang kapasitas pendirian pabrik aluminium klorida di tahun 2026 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$PKPP = JK + IMP - EKS - PDN$$

PKPP = Peluang Kapasitas Pendirian Pabrik Tahun 2026 (ton)

JK = Jumlah Kebutuhan aluminium klorida Tahun 2026 (ton)

EKS = Jumlah Ekspor aluminium klorida Tahun 2026 (ton)

IMP = Jumlah Impor aluminium klorida Tahun 2026 (ton)

PDN = Jumlah Produksi Dalam Negeri aluminium klorida 2026 (ton)

$$PKPP = 214.617 + 43.297,600 - 3.423,475 - 102.200$$

$$= 152.291,125 \text{ Ton}$$

1.6. Kapasitas Rancangan

Pabrik aluminium klorida ($AlCl_3$) ini, direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2026 dengan kapasitas produksi tertentu. Penentuan tahun operasional ini, lebih didasarkan pada beberapa faktor teknis seperti tahap perancangan dan pilot plant, pendirian pabrik, plant test dan lain sebagainya. Besarnya kapasitas produksi pabrik ini, dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik tersebut. Dari sisi teknis, semakin besarnya kapasitas produksi suatu pabrik maka akan mempengaruhi besarnya dimensi perancangan

peralatan proses yang digunakan. Apabila ditinjau dari sisi keekonomisannya, maka besarnya kapasitas produksi suatu pabrik, maka dapat menentukan besar atau kecilnya keuntungan (profit) yang diperoleh oleh pabrik tersebut.

Oleh karena itu maka pabrik ini didirikan untuk dapat memenuhi kebutuhan senyawa aluminium klorida ($AlCl_3$) di dalam negeri sehingga pabrik aluminium klorida ($AlCl_3$) ini, direncanakan memiliki kapasitas produksi sebesar 35.000 ton/tahun pada tahun 2026. Penulis mengambil 23% dari peluang kapasitas pendirian pabrik (PKPP) tahun 2026 sebesar 152.291,12 ton. Penentuan kapasitas ini didasarkan pada prediksi industri yang akan berdiri pada tahun tahun ke depan dan tetap menjaga hubungan internasional antara Indonesia dengan negara-negara pengekspor aluminium klorida.

1.7. Lokasi Pabrik

Keberlangsungan satu pabrik juga ditentukan oleh letak pabrik itu berdiri. Hal ini disebabkan karena lokasi pabrik akan mempengaruhi nilai investasi awal, kemudahan bahan baku, tenaga kerja, fasilitas transportasi, keadaan lingkungan dan lain-lain. Lokasi pabrik dirancang sedemikian rupa sehingga mampu mendatangkan keuntungan teknis maupun ekonomis seoptimal mungkin. Tata letak lokasi pabrik meliputi 2 faktor utama yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Faktor primer meliputi letak pabrik terhadap bahan baku dan pasar, transportasi, ketersediaan tenaga kerja dan ketersediaan sumber daya alam dan listrik. Faktor sekunder meliputi harga tanah, peraturan daerah dan keadaan masyarakat setempat, iklim serta keadaan tanah.

Berdasarkan faktor – faktor maka dipilihlah Sanggau, Kalimantan Barat sebagai lokasi berdirinya pabrik Aluminium Klorida, dengan beberapa pertimbangan :

1.6.1 Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi di Sanggau dipilih karena dekat dengan penyedia bahan baku yaitu Aluminium Oksida (Al_2O_3) yang digunakan sebagai bahan baku diperoleh dari PT ANTAM (Aneka Tambang). Sedangkan *Hydrochloric Acid* (HCl) diperoleh dari PT. Ashahimas Chemical dan PT. Chandra Asri yang bertempat di Cilegon , Banten. Pengiriman bahan baku dilakukan menggunakan jalur perairan.

1.6.2 Pemasaran Produk

Aluminium klorida merupakan produk yang digunakan oleh banyak pabrik industry lainnya sebagai bahan baku utama maupun bahan baku pembantu, sehingga lokasi pabrik diharapkan dekat dengan tujuan pemasaran sehingga dapat menghemat biaya transportasi dan mempermudah konsumen untuk memperolehnya. Dalam hal ini lokasi pabrik ini sangat strategis karena dekat dengan industry-industri pengguna $AlCl_3$ dan dekat dengan pelabuhan sehingga mempermudah distribusi melalui jalur perairan.

1.6.3 Ketersediaan Sumber Air dan Listrik

Air merupakan hal terpenting dalam kehidupan, begitupun dalam kehidupan perindustrian. Ketersediaan air merupakan hal yang sangat penting karena dilihat dari fungsinya, air bukan hanya digunakan oleh manusia tetapi air juga digunakan air proses dan sistem utilitas. Sumber air pada pabrik ini

didapatkan dari hasil pengeboran sumur. Kebutuhan listrik didapatkan dari generator yang menggunakan bahan bakar fuel gas atau dari PLN daerah setempat.

1.6.4 Ketersediaan Tenaga Kerja

Selama proses produksi berlangsung dibutuhkan tenaga kerja yang ahli di bidangnya sehingga proses produksi berjalan dengan lancar. Sumber tenaga kerja berasal dari dalam ataupun luar daerah Sanggau, hal ini bertujuan untuk menekan jumlah pengangguran di daerah setempat serta membuka peluang bagi tenaga kerja dari luar daerah. Selain itu lokasi pabrik berada di kawasan pabrik industri yang diijinkan pemerintah sehingga tidak susah untuk mendapatkan tenaga kerja.

1.6.5 Transportasi

Sanggau merupakan salah satu daerah yang dekat dengan perairan sehingga lokasi pabrik yang dekat dengan perairan dapat mempermudah transportasi melalui jalur laut/sungai. Selain itu lokasi pabrik juga tidak jauh dengan bandar udara sehingga mempermudah akses melalui jalur udara.

1.6.6 Keadaan Lingkungan Masyarakat

Lokasi pabrik berada pada kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintahan sehingga pendirian pabrik di kawasan ini lebih mudah dalam hal perizinan, selain itu adaptasi masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik juga lebih mendukung.

1.6.7 Lokasi Pabrik

Berikut adalah lokasi tempat pendirian Pabrik Aluminium klorida (AlCl_3) :



Gambar 1.5. Lokasi Pabrik

(Google Satelit, 2023)

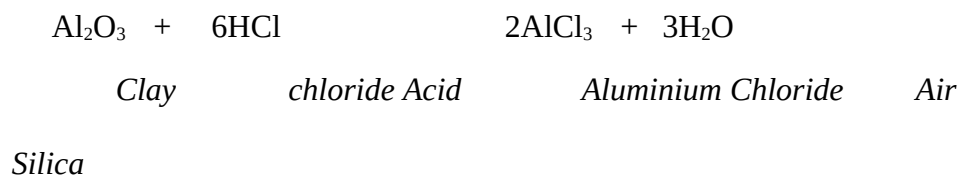
BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

2.1 Jenis – Jenis Proses

Aluminium klorida (AlCl_3) memiliki beberapa nama lain yaitu : Aluminium(III) klorida dan aluminium triklorida. Senyawa ini memiliki rumus kimia yaitu AlCl_3 , yang berbentuk serbuk putih dan Aluminium klorida ini bersifat higroskopis, mempunyai afinitas yang kuat terhadap air.

2.1.1 *Procces Production Aluminum Chloride From Hydrochloric Acid* (Proses 1)

Adapun reaksi yang digunakan untuk mensintesis aluminium klorida (AlCl_3) dengan menggunakan proses *Leaching* adalah, sebagai berikut :



Selain itu *alumina* memiliki nilai kandungan Al_2O_3 yang cukup besar kemudian di reaksikan dengan larutan asam klorida (HCl) pada temperatur 96°C tekanan 1 atm. Reaksi ini akan menghasilkan aluminium chloride (AlCl_3), air (H_2O).. Besarnya konversi reaksi tersebut secara keseluruhan adalah 95 %. Proses ini tidak terlalu memakan energi yang cukup tinggi yang berpengaruh terhadap nilai ekonomi pada pabrik.

2.1.2 Process of Aluminium Chloride by Chlorination (Proses 2)

Adapun reaksi yang digunakan untuk mensintesis aluminium klorida (AlCl_3) dengan menggunakan proses Chlorination adalah, sebagai berikut :



Patent ini di patentkan di Amerika Serikat dengan nomor 3,842,163 oleh Allen S. Russel et. el., pada tanggal 15 Oktober 1974 dengan menggunakan bahan baku batuan Al_2O_3 yang di reaksikan dengan gas klorin pada proses klorinasi pada temperatur $450\text{ }^\circ\text{C} - 800\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan pada *range* 0.1 – 10 atm. Sebelum masuk pada proses kalsinasi, bahan baku dimasukkan dalam proses *size reduction* untuk mendapatkan ukuran ± 20 mesh. Selanjutnya pada proses *chlorination*, bahan baku di kontakkan dengan Cl_2 sehingga membentuk *aluminium chlorida* (Al_2O_3).

2.2 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses yang akan digunakan, maka harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor ekonomis yang meliputi biaya bahan baku dan harga produksi serta harga jual produk, dan juga kelayakan teknis yang meliputi suhu operasi, tekanan operasi, energi bebas gibbs pembentukan (ΔG°_f) dan panas pembentukan standar (ΔH°_f).

Energi bebas gibbs (ΔG°) merupakan tingkat spontanitas dari suatu reaksi kimia. ΔG° yang bernilai positif (+), maka menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan. Sedangkan ΔG° yang bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Oleh karena itu, apabila ΔG° dari suatu reaksi

semakin kecil atau negatif maka reaksi tersebut akan semakin baik karena reaksi itu berlangsung secara spontan serta membutuhkan energi yang sedikit juga, begitupun sebaliknya.

Panas pembentukan standar (ΔH°) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia. ΔH° dapat bernilai positif (+), yang menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia tersebut (*endoterm*). Sedangkan untuk ΔH° yang bernilai negatif (-), menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (*eksoterm*).

2.2.1 Proses 1

1. Perhitungan Ekonomi Kasar

Perhitungan ekonomi kasar ini, didasarkan pada kebutuhan bahan baku, harga bahan baku dan penjualan produk sebagai berikut :

Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk

No	Bahan Kimia	Per Kg (US \$)	Per Kg (Rp)
1	Alumina	0,4	6.495
2	HCl 32%	0,4	6.875
3	AlCl ₃ .6H ₂ O	11,62	180.000

Sumber : Alibaba.com, 2021

Kurs 1 US \$ 10 Oktober 2021 = Rp 15.433,75

Konversi pembentukan *Aluminium chloride* dari *aluminium trioxide* dan *hydrochloric acid* adalah sebesar 95 %. Waktu Operasi adalah 24 jam dan 330 hari dalam satu tahun.

Kapasitas Produksi Aluminium Klorida (AlCl₃) = 35.000 ton/tahun
= 4419,191kg/jam

Reaksi pembentukan *aluminium chloride* :

Al_2O_3	$+6\text{HCl}$	\implies	2AlCl_3	$+3\text{H}_2\text{O}$
M : a	b		-	-
R : $\frac{1}{2}e$	$\frac{6}{2}e$		e	$\frac{3}{2}e$
S : $a - \frac{1}{2}e$	$B - \frac{6}{2}e$		e	$\frac{3}{2}e$

Keterangan :

a : $\frac{1}{2}e$: konversi

b : $\frac{1}{2}e$: konversi

e : massa aluminium chloride terbentuk : BM

Al_2O_3	$+6\text{HCl}$	\implies	2AlCl_3	$+3\text{H}_2\text{O}$
M : 10,487	62,923			
R : 9,963	59,777		19,926	29,888
S : 0,524	3,146		19,926	29,888

Alumina

Komposisi Alumina terdiri dari :

Table 2.2 Komposisi Alumina

Komposisi	Berat (%)
Al_2O_3	98
SiO_2	0,83
Fe_2O_3	0,65
TiO_2	0,52

Dari data pada table 2.2 maka dapat diperoleh jumlah massa bauksit :

Massa $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{mol awal } \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{BM } \text{Al}_2\text{O}_3$

$$= 10,487 \text{ kmol/jam} \times 102 \text{ kg/kmol}$$

$$= 1069,685 \text{ kg/jam}$$

Massa Alumina terdiri dari Al_2O_3 sebanyak 98% sehingga didapatkan :

$$\text{Massa Alumina} = \frac{100\%}{98\%} \times \text{massa Al}_2\text{O}_3$$

$$= \frac{100\%}{98\%} \times 1069,685 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$= 1.091,515 \text{ kg/jam}$$

$$= 8.644.800 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga alumina} = \text{massa alumina} \times \text{harga bauksit per kg}$$

$$= 8.644.800 \text{ kg/tahun} \times 0,4 \text{ \$/kg}$$

$$= 3.457.920,163 \text{ \$/tahun}$$

HCl 32%

Massa total HCl terdiri dari HCl 32 % dan H_2O 68 % :

$$\text{Massa HCl 32 \%} = \text{mol HCl} \times \text{BM HCl}$$

$$= 59,777 \text{ kmol/jam} \times 36,45 \text{ kg/kmol}$$

$$= 2296,676 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O 68 \%} = 4067,031 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa total} = 6.363,708 \text{ kg/jam}$$

$$= 50.400.563,61 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga per tahun} = \text{massa HCl} \times \text{harga HCL/kg}$$

$$= 50.400.563,61 \text{ kg/tahun} \times 0,4 \text{ \$/kg}$$

$$= 20.160.225,4 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Total Harga Umpan} = \text{Jumlah harga setiap bahan baku}$$

$$= \text{Harga alumina} + \text{harga HCl 32 \%}$$

$$= \mathbf{23.618.145,61 \text{ \$/tahun}}$$

$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Massa AlCl}_3 = \text{mol AlCl}_3 \times \text{BM AlCl}_3$$

$$= 19,926 \text{ kmol/jam} \times 133,5 \text{ kg/kmol}$$

$$= 2660,055 \text{ kg/jam}$$

Massa yang terkristal menjadi $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan purity 98%

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= 4.419,192 \text{ kg/jam} \\ &= 35.000.000 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga per tahun} &= \text{massa } \text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \times \text{harga } \text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} / \text{kg} \\ &= 35.000.000 \text{ kg/tahun} \times 11,62 \text{ \$/kg} \\ &= 406.700.000 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Economic Potential (EP) / Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= 406.700.000 - 23.618.145 \\ &= \mathbf{383.081.855 \text{ \$/tahun}} \end{aligned}$$

2. Enthalpy Reaksi (ΔH_r)

Untuk mencari nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses ini, dapat digunakan persamaan yang ada di buku J. Smith – Van Ness persamaan 4.18 sebagai berikut :

$$\Delta H_r = \Delta H_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$MCPH = \frac{(C_p)_H}{R} = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_o(\tau+1) + \frac{\Delta C}{3} T_o^2(\tau^2+\tau+1) + \frac{\Delta D}{\tau T_o^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = MCPH \times (T - T_0) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Adapun nilai-nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan untuk masing – masing komponen adalah sebagai berikut :

Table 2.3. $\Delta H_{f,298}^\circ$; $\Delta G_{f,298}^\circ$; dan konstanta *Specific Heat* (C_p)

No.	Komponen	$\Delta H_{f,298}^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_{f,298}^\circ$ (KJ/mol)	A	B	C
1	Al_2O_3	-1669,79256	-6.624,773	-8,121	3,87E-01	-3,16E-04
3	HCl	-166,7324	-399,002	10,738	3,04E-01	-5,30E-04
4	AlCl_3	-1020,4776	-2.632,659	12,952	4,19E-01	-5,10E-04
5	H_2O	285,8400016	-237,349	9,695	7,50E-02	-1,56E-05

Sumber : Carl L, Yaws., 2004



Untuk mencari nilai enthalpi reaksi standar adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta H_{r298} &= \Sigma \Delta H_{298} \text{ produk} - \Sigma \Delta H_{298} \text{ reaktan} \\ &= -2274,379 \text{ Kj/mol} \\ &= 6.285.006 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai entalphi reaksi pada proses ini, diperoleh dengan menggunakan persamaan J. Smith-Van Ness, sehingga di dapatkan nilai entalphi reaksi (ΔH_r) :

Dengan :

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{f298} \\ \Delta H_r &= - 66235,171 \text{ kj/mol} \end{aligned}$$

Oleh karena itu, diperoleh nilai ΔH_r pada tempeatur reaksi 369,15 °F dan pada tekanan 1 atmosfer adalah sebesar – 66.235,171 J/mol. Nilai ΔH_r ini bernilai negatif, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara eksotermis atau melepaskan panas. Sehingga dibutuhkan pendingin yang mampu untuk menyerap panas sebesar 66.235,171 J/mol selama proses ini berlangsung.

3. Energi Bebas Gibbs Reaksi (ΔG_r)

Untuk mencari ΔG_r diperoleh dari persamaan 6.39 pada buku R. Smith sebagai berikut :

$$\Delta G_r^\square = \left(\frac{-\Delta H_{r298}}{R} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right] \right) RT - \frac{G_r 298}{RT} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{r298} &= \Sigma \Delta G_{298} \text{ produk} - \Sigma \Delta G_{298} \text{ reaktan} \quad \dots\dots\dots (2.6) \\ &= 900,827 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= 900.827 \text{ J/mol}$$

Dengan :

$$R = 8,3145 \text{ J/mol.K}$$

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} (298,15 \text{ K})$$

$$T = 225 \text{ }^\circ\text{F} (380,37 \text{ K})$$

$$\Delta G_r^o = \left(\left(\frac{-270788}{8,3145} \times \left[\frac{1}{380,37} - \frac{1}{298,15} \right] \right) \times 8,314 \times 380,37 \right) - \left(\frac{900827}{(8,314 \times 380,37)} \right)$$

$$\Delta G_r = -74.961,361 \text{ J/mol}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai bebas gibbs reaksi sebesar -74.961,361 J/mol. Besarnya Nilai energi gibbs yang didapatkan bernilai negatif, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai nilai energi gibbs, hal itu menunjukkan bahwa reaksi pada proses ini berlangsung secara spontan dan tidak membutuhkan energi dalam proses pereaksiannya.

2.2.2 Proses 2

1. Perhitungan Ekonomi Kasar

Perhitungan ekonomi kasar ini, didasarkan pada kebutuhan bahan baku, harga bahan baku dan penjualan produk sebagai berikut :

Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk

No	Bahan Kimia	Per Kg (US \$)	Per Kg (Rp)
----	-------------	----------------	-------------

1	Al ₂ O ₃	0,7	9.152,5
2	Cl ₂	0,4	5.230
3	AlCl ₃	0,8	10.400
4	O ₂	0,0	0,0

Sumber : Alibaba.com, 2016

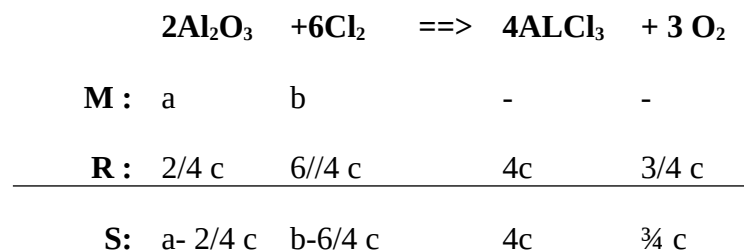
Kurs 1 US \$ 10 Oktober 2016 = Rp 13.075,00

Konversi pembentukan *aluminium chloride* dari *aluminium oxide* dan gas *clorin* adalah sebesar 92 %. Waktu Operasi adalah 24 jam dan 330 hari dalam satu tahun.

Kapasitas Produksi Aluminium Klorida (AlCl₃) = 35.000 ton/tahun

= 4.419,191 kg/jam

Reaksi pembentukan *aluminium chloride* :



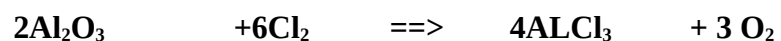
Keterangan :

$$a : \frac{2}{4}c \times \text{konversi}$$

$$b : \frac{6}{4}c \times \text{konversi}$$

$$c : \text{BM} \times \text{massa aluminium chloride kemurnian 92\%}$$

$$d : \frac{3}{4}c \times \text{konversi}$$



M :	16,212	54,040		
R :	14,915	49,717	29,830	24,858
S :	1,297	4,323	29,830	24,858

Al₂O₃

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Al}_2\text{O}_3 &= \text{mol awal Al}_2\text{O}_3 \times \text{BM Al}_2\text{O}_3 \\
 &= 16,212 \text{ kmol/jam} \times 101,933 \text{ kg/kmol} \\
 &= 1.652,530 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga per tahun} &= \text{massa Al}_2\text{O}_3 \times \text{harga Al}_2\text{O}_3/\text{kg} \\
 &= 13.088.044,77 \text{ kg/tahun} \times 0,7 \text{ \$/kg} \\
 &= 9.161.631,339 \text{ \$/tahun}
 \end{aligned}$$

Cl₂

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Cl}_2 &= \text{mol awal Cl}_2 \times \text{BM Cl}_2 \\
 &= 54,040 \text{ kmol/jam} \times 70,9 \text{ kg/kmol} \\
 &= 3.831,420 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga per tahun} &= \text{massa Cl}_2 \times \text{harga Cl}_2/\text{kg} \\
 &= 30.344.846,59 \text{ kg/tahun} \times 0,4 \text{ \$/kg} \\
 &= 12.137.938,64 \text{ \$/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Umpan} &= \text{Jumlah harga setiap umpan} \\
 &= \text{Harga Al}_2\text{O}_3 + \text{harga Cl}_2 \\
 &= 9.161.631,339 \text{ \$/tahun} + 12.137.938,64 \text{ \$/tahun} \\
 &= \mathbf{21.299.569,98 \text{ \$/tahun}}
 \end{aligned}$$

AlCl₃

$$\begin{aligned}
 \text{Massa AlCl}_3 &= \text{mol AlCl}_3 \times \text{BM AlCl}_3 \\
 &= 29,830 \text{ kmol/jam} \times 133,33 \text{ kg/kmol} \\
 &= 3977,273 \text{ kg/jam} \\
 &= 31.500.000 \text{ kg/tahun} \\
 \text{Harga per tahun} &= \text{massa AlCl}_3 \times \text{harga AlCl}_3 / \text{kg} \\
 &= 31.500.000 \text{ kg/tahun} \times 0,5 \text{ \$/kg} \\
 &= \mathbf{25.200.000 \text{ \$/tahun}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Economic Potential (EP) / Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\
 &= 25.200.000 - 21.299.569,98 \\
 &= \mathbf{3.900.430,025 \text{ \$/tahun}}
 \end{aligned}$$

2. Enthalpi reaksi (ΔH_r)

Adapun nilai-nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan untuk masing – masing komponen adalah sebagai berikut :

Table 2.5. Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° pada keadaan standar

No	Senyawa	$[\Delta H_f^\circ]$ (kcal/mol)	$[\Delta G_f^\circ]$ (Kcal/mol)	$[\Delta H_f^\circ]$ (kJ/mol)	$[\Delta G_f^\circ]$ (KJ/mol)
1	Al ₂ O ₃	-1.675,70	-1.582,30	-7.015,82	-6.624,77
2	Cl ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
3	AlCl ₃	-704,20	-6.28,80	-2.948,34	-2.632,65
4	O ₂	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Carl L, Yaws., 2004

Dari table 2.6 maka dapat digunakan untuk mencari nilai enthalpi reaksi standar yang sesuai dengan reaksi sebagai berikut :



$$\begin{aligned}\Delta H_{r298} &= \Sigma \Delta H_{298 \text{ produk}} - \Sigma \Delta H_{298 \text{ reaktan}} \\ &= 2.238,263 \text{ KJ/mol}\end{aligned}$$

Untuk mencari nilai entalpi reaksi pada proses ini, diperoleh dengan menggunakan persamaan J. Smith-Van Ness, sehingga di dapatkan nilai entalpi reaksi (ΔH_r) :

$$\Delta H_r = \Delta H_{r \text{ standar}} + \Sigma \Delta H_{\text{produk}} - \Sigma \Delta H_{\text{reaktan}} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Table 2.6. Koefisien panas pada setiap komponen pada suhu reaksi 500°C

Komponen	Cp (Cal/Mol.K)	Cp (Kj/Mol. K)	ΔH
Al ₂ O _{3(s)}	28,14	0,11	-6959,68
Cl _{2(g)}	8,71	0,03	17,38
AlCl _{3(s)}	34,89	0,14	-2878,72
O _{2(g)}	8,15	0,03	16,27

Sumber : Perry's

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta H_{\text{produk}} &= 4 \times \Delta H \text{ AlCl}_3 + 3 \times \Delta H \text{ O}_2 \\ &= - 11.466,08 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta H_{\text{reaktan}} &= 2 \times \Delta H \text{ Al}_2\text{O}_3 + 6 \times \Delta H \text{ Cl}_2 \\ &= - 13.815,06 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\Delta H_r = -23.042,87 \text{ kJ/mol}$$

Oleh karena itu, diperoleh nilai ΔH_r pada tempeatur reaksi 225 °F dan pada tekanan 1 atmosfer adalah sebesar -23042,87 kJ/mol. Nilai ΔH_r ini bernilai negatif, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara eksotermis atau melepaskan panas. Sehingga dibutuhkan pendingin yang mampu untuk menyerap panas sebesar 23042,87 kJ/mol selama proses ini berlangsung.

3. Energi Bebas Gibbs Reaksi (ΔG_r)

Untuk mencari energi bebas gibbs reaksi digunakan persamaan dari buku J. Smith, 2001 sebagai berikut :

$$\Delta G_r = - R.T.\ln K_{a1} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\ln K_{a1} = \left(\frac{\Delta H_r}{R}\right) \times \left(\left(\frac{1}{T}\right) - \left(\frac{1}{T_0}\right)\right) - \left(\frac{\Delta G_r}{R \times T}\right) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$$R = 0,0083145 \text{ kJ/mol K}$$

$$T = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\ln K_{a1} = - 977,77$$

$$\Delta G_r = - R.T.\ln K_{a1}$$

$$\Delta G_r = 6.284,81 \text{ kJ/mol}$$

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas, maka diperoleh nilai energi bebas gibbs reaksi (ΔG_r^\square) sebesar 6.284,81 kJ/mol. Nilai energi bebas gibbs (ΔG_r^\square) pada proses ini bernilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara tidak spontan dan membutuhkan energi dalam proses pereaksiannya.

Berdasarkan beberapa uraian di atas, maka dapat diperoleh perbandingan proses produksi Alumunium klorida yang di sajikan pada table 2.8 berikut :

Table 2.7. Perbandingan Proses Produksi Alumunium Klorida

Proses / Parameter	Proses 1	Proses 2
Bahan baku	Al ₂ O ₃ & HCl	Al ₂ O ₃ dan Cl ₂
Suhu (°C)	96	500
Tekanan (atm)	1	1
Konversi (%)	95	92
ΔHr (kJ/mol)	- 66.235,171	-23.042,87

ΔG_r (kJ/mol)	-74,96	6284,81
Keuntungan (\$/th)	383.081.855	4.383.620,47

Setelah memperhatikan beberapa proses di atas, dan berdasarkan beberapa parameter ekonomis dan teknis, maka dipilih *process 1* untuk menghasilkan produk Aluminium klorida ($AlCl_3$) dengan beberapa pertimbangan, seperti :

1. Secara perhitungan ekonomi kasar keuntungan yang diperoleh relatif lebih besar dibandingkan dengan proses 2.
2. Kondisi operasi ditinjau dari suhu dan tekanan relatif lebih rendah.
3. Secara termodinamika sama-sama menghasilkan panas karena reaksi berlangsung secara *eksotermis* namun energi bebas gibbs yang dihasilkan memungkinkan reaksi untuk berlangsung secara spontan dan sedikit membutuhkan energi.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

Adapun bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan Aluminium Klorida (AlCl_3) adalah pasir alumina yang berasal dari PT.Aneka Tambang Tbk dengan komposisi sebagai berikut

Tabel 3.1. Tabel Komposisi Pasir Alumina

Komponen	Berat	%Komposisi
	Molekul(g/mol)	
Al_2O_3	102	98%
Fe_2O_3	160	0,65%
SiO_2	60	0,83%
TiO_2	79,2	0,52%

3.1.1 Aluminium Oxide (Al_2O_3)

Adapun spesifikasi dari *Aluminium Oxide* (Al_2O_3) adalah :

Nama IUPAC : *Aluminium Oxide* (IUPAC),
Alumina, chromium-doped

Massa molar (gr/mol)	: 101,96
Sifat fisik	: Serbuk berwarna putih
Titik didih (°C)	: 2980
Titik Leleh (°C)	: 2072
Densitas (kg/m ³)	: 3980
<i>Specific Heat / Cp</i> (J/kg.K)	: 79,112
Entalpi / $\Delta H^{\circ}_{f(298)}$ (kCal/mol)	: -1675,7
<i>Specific Gravity</i>	: 4

(Ulmanss, 2007)

3.1.2 *Hydrochloric Acid (HCl)*

Adapun spesifikasi dari Hidrogen Klorida (HCl) adalah :

Nama IUPAC	: Hidrogen Klorida, <i>Hydrochloric Acid, Hydrogen Chloride</i>
Konsentrasi (% massa)	: 32 %
Massa molar (gr/mol)	: 36,461
Titik didih (°C)	: 108,6 (101,3 kPa)
Titik Leleh (°C)	: -35

<i>Specific Heat / Cp</i> (J/mol.K)	: 29,12
Entalpi / $\Delta H^{\circ}_{f(298)}$ (kJ/mol)	: -92,31
Entropi $S^{\circ}_{(298,15\text{ K})}$ (J/mol K)	: 186,78
Energi Bebas Gibbs / $\Delta G^{\circ}_{f(298)}$ (kJ/mol)	: -95.25
Temperatur Kritis (K)	: 51,6
Tekanan Kritis (MPa)	: 8,3

(Ulmanss, 2007)

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Alumunium Klorida Heksahidrat ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Adapun spesifikasi dari Alumunium Klorida (AlCl_3) adalah :

Nama IUPAC	: trichloroalumane;hexahydrate
Massa molar (gr/mol)	: 241.43
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	: -
Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	: 100
Densitas (kg/m^3)	: 2,40
Kelarutan dalam air	: 1.330 g/l (0°C)
<i>Specific Heat / Cp</i> (J/mol.K)	: 91,5

Entalpi / $\Delta H_{f(298)}^{\circ}$ (kCal/mol)	: -704,2
Entropi / $S_{(298)}^{\circ}$ (J/mol K)	: 109,287
Energi Bebas Gibbs / $\Delta G_{f(298)}^{\circ}$ (kCal/mol)	: -628,6

(Pubchem. 2017)

3.2.1 Air (H₂O)

Adapun spesifikasi dari Air (H₂O) adalah :

Nama IUPAC	: <i>Water / Oxidane</i> (IUPAC)
Massa molar (gr/mol)	: 18,0152
Sifat Fisik	: Cairan tidak berwarna dan tidak berbau
Titik didih (°C)	: 100 (1 atm)
Titik Leleh (°C)	: 0 (1atm)
Densitas (kg/m ³)	: 999,972
<i>Specific Heat</i> / Cp (J/kg.K)	: 35,375
Entalpi / $\Delta H_{f(298)}^{\circ}$ (kCal/mol)	: - 68,3174
Energi Bebas Gibbs / $\Delta G_{f(298)}^{\circ}$ (kCal/mol)	: -56,6899
<i>Specific Gravity</i>	: 1

Temperatur Kritis (K) : 373,98
Tekanan Kritis (atm) : 217,755

(Ulman, 2007)

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Aluminium Klorida Heksahidrat ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 45,07% dan sesudah pajak sebesar 29%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,25 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 39% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 25%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 36,83%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2. Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Aluminium Klorida Heksahidrat ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Banchero, B. 1955. *Chemical Engineering Series*. Mc Graw Hill in Chemical Engineering : New York
- Brown, G. 1950. *Unit Operations*. John Wiley and Sons : New York
- Brownell, Young. 1959. *Equipment Process Design*. Wiley Eastern Limited : Bangalore
- Chemical Engineering Magazine, Ed. January 2014
- Christensen. 2004. *Thermodynamics of Aqueous Electrolyte Solutions-Application to Ion Exchange Systems*. Technical University of Denmark
- Coulson, Richardson. 1983. *Chemical Engineering, Vol. 6th*. Pergamon Press : New York
- Fogler, Scott, H. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering, Ed. 3th*. Prentice Hall International : London
- Garrett, Donald E. 1989. *Chemical Engineering Economics*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Geankoplis, C. J. 1983. *Transport Processes and Unit Operations, Ed. 2nd*. Allyn and Bacon, Inc : London
- Himmelblau. 1996. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Prentice Hall International : London

Kern, D.1950. *Process Heat Transfer*.Mc Graw Hill International Book Company: London

Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering, Ed. 3rd*.John Wiley and Sons : New York

Mc Cabe. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering, Jilid. 2nd, Ed. 4th*.Mc Graw Hill Book Company : New York

Megyesy, E, F. 1983. *Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.*

Moss, D. 2004. *Pressure Vessel Design Manual, Ed. 3th*.Elvesier : Boston

MSDS antiperspirant merckindonesia.com, 12 Oktober 2016, 14:22 WIB

Mulyono, P. 1997. *Ekonomi Teknik Kimia*.Universitas Gajah Mada : Yogyakarta

Patnaik, Pradyot, Ph.D. 1976. *Handbook of Inorganic Chemicals*. McGraw-Hill

Perry's. 2008. *Chemical Engineer's Handbook, Ed. 8th*.Mc Graw Hill Book Company : London

Perry's.1950.*Chemical Engineer's Handbook, Ed. 3th*.Mc Graw Hill Book Company : London

Peter, Timmerhaus. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.Mc Graw Hill Higher Education : New York

Polak, P. 2007. *Fine Chemical The Industry and the Business*. John Wiley and Sons : New York

Rase. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*. John Wiley and Sons : New York

Schepman, B. A. 1962. *New Concepts in Thickener Design, Underflow Pump Arrangement, and Automatic Controls*.

Smith, R. 2005. *Chemical Process Design and Integration*. John Wiley and Sons : New York

Stephanopoulos, G. 1984. *Chemical Process Control*, Prentice-Hall International Editions.

Ulrich, G. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. University of New Hampshire : USA

Undata, 2022. import aluminium chloride. www.undata.org. Diakses pada 25 agustus 2022

US Patent No. 4.465.566. *Method of producing aluminum chloride from acid leach-derived ach and the production of aluminum therefrom* United States Patent Office: USA

US Patent No. 3.842.163 *Production Of Aluminum chloride*. United States Patent Office: USA

Wallas, M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Boston