

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM
OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan *Rotary Dryer* – 301 (RD – 301))**

(Skripsi)

Oleh

**RACHEL MEGA JESSICA PUTRI
1815041003**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM
OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan *Rotary Dryer* – 301 (RD – 301))**

Oleh

RACHEL MEGA JESSICA PUTRI

1815041003

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**

2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan *Rotary Dryer* – 301 (RD – 301))

Oleh

Rachel Mega Jessica Putri

Aluminium sulfat merupakan bahan kimia yang digunakan hampir di semua industri, baik sebagai bahan utama maupun sebagai bahan baku penunjang. Kegunaan produk sangat luas, mulai dari penjernihan air, aplikasi industri *pulp and paper*, penyetabil pH, antispetik, hingga aplikasi farmasi dan kosmetik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 28.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Bahan baku berupa aluminium oksida dari PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery dan asam sulfat dari PT. Petrokimia Gresik. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 167 orang. Bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff*. Analisis kelayakan ekonomi perancangan pabrik aluminium sulfat diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp997.720.923.210
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp176.068.398.214
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp1.173.789.321.424
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 33,40%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 14,39%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT _a)	= 2,575 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI _a)	= 32,16%
<i>Discounted Cash Flow</i>	= 39,86%

Mempertimbangkan paparan di atas, pendirian pabrik aluminium sulfat ini layak dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ALUMINIUM SULFATE PLANT FROM ALUMINIUM OXIDE AND SULFURIC ACID WITH CAPACITY 28.000 TON/YEAR (Design of *Rotary Dryer* – 301 (RD – 301))

By

Rachel Mega Jessica Putri

Aluminium sulfate is a chemical used in almost all industries, both as a main raw material and as a supporting raw material. The product's uses are very broad, ranging from water purification, pulp and paper industry applications, pH stabilizers, antiseptics, pharmaceutical and cosmetic applications.

The production capacity of the plant is 28.000 ton/year with 330 working days in 1 year. The raw materials are aluminium oxide from PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery and sulfuric acid from PT. Petrokimia Gresik. The location of the plant is planned to be established in the Gresik Industrial Area, East Java with the number of employees is 167 people. The form of the Limited Liability Company (Perseroan Terbatas /PT) business entity uses a line and staff organizational structure. The economic feasibility analysis of the aluminium sulfate plant design is obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp997.720.923.210
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp176.068.398.214
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp1.173.789.321.424
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 33,40%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 14,39%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT_a)</i>	= 2,575 tahun
<i>Return on Investment after Taxes (ROI_a)</i>	= 32,16%
<i>Discounted Cash Flow</i>	= 39,86%

Considering the explanation above, the establishment of this aluminium sulfate plant is worth further study, because it is a profitable factory and has a good prospect.

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM
SULFAT DARI ALUMINIUM OKSIDA DAN
ASAM SULFAT KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Rotary Dryer* (RD – 301))**

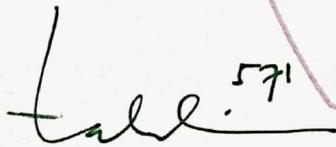
Nama Mahasiswa : **Rachel Mega Jessica Putri**

No. Pokok Mahasiswa : 1815041003

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



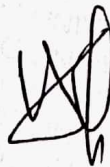


Taharuddin, S.T., M.Sc.
NIP. 197001261995121001



Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.
NIP. 197904192006042001

Ketua Jurusan Teknik Kimia



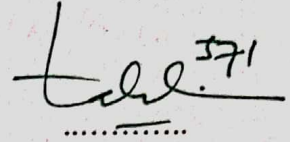
Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Taharuddin, S.T., M.Sc.**


.....

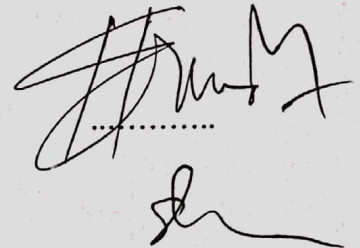
Sekretaris

: **Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.**


.....

.....

Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung




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

NIP. 197509281001121002

Tanggal Lulus Seminar Skripsi : 8 Mei 2024

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, 27 Juni 2024



Rachel Mega Jessica Putri

NPM. 1815041003

RIWAYAT HIDUP



Rachel Mega Jessica Putri, penulis laporan ini dilahirkan di Rajabasa Baru pada tanggal 22 Maret 2001, putri kedua dari pasangan Bapak Bambang Setiyono dan Ibu Juwarti.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Kristen 4 Sribhawono pada tahun 2012, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Bandar Sribhawono pada tahun 2015 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Kristen 1 Metro pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staf Divisi Kristiani Departemen Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2019, Sekretaris Divisi Kristiani Departemen Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2020, dan Anggota Seksi Kelompok Kecil Forum Komunikasi Mahasiswa Kristiani Fakultas Teknik (FKMK-FT) Periode 2020.

Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT Perkebunan Nusantara VII Unit Sungai Lengi dengan Tugas Khusus “Analisa Kinerja *Water Tube Boiler* Vickers Hoskins Kapasitas 35.000 kg uap/jam” dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Srimenanti, Kecamatan Bandar Sribhawono, Kabupaten Lampung Timur di tahun 2021. Pada tahun 2023, penulis melakukan penelitian dengan judul “Potensi Ekonomi Proses Ekstraksi Polifenol dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan Metode *Ultrasonic-Assisted Extraction*”.

Motto dan Persembahan

- ORA ET LABORA -

“Let your faith be bigger than your fear”

Roma 15:13

“Semoga Allah, sumber pengharapan, memenuhi kamu dengan segala sukacita dan damai sejahtera dalam iman kamu, supaya oleh kekuatan Roh Kudus kamu berlimpah-limpah dalam pengharapan”

Mazmur 18:31

“Adapun Allah, jalan-Nya sempurna;
Janji Tuhan adalah murni;
Dia menjadi perisai bagi semua orang yang berlindung pada-Nya”

*Puji dan Syukur kepada Tuhan,
Kupersembahkan karya kecilku ini kepada*

*Allah Bapa, Putra dan Roh Kudus.
Tuhan yang penuh kasih dan senantiasa menyertai.
Kemuliaan hanya bagi Engkau.*

*Kedua orang tuaku, Bapak dan Ibu tercinta, terimakasih yang tak
terhingga untuk segala kasih dan sayang yang hingga detik ini
masih senantiasa tercurah. Mbak tersayang dan keluarga-
keluargaku, terimakasih banyak untuk doa dan dukungannya
selama ini.*

*Sahabat-sahabatku tersayang,
Terimakasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini.*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku,
Semoga dapat berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Bapa atas segala kasih dan penyertaanNya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Aluminium Oksida dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 28.000 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. Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, bimbingan serta saran-saran positif selama penulis menyelesaikan tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan bermanfaat dikemudian hari.
3. Ibu Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, bimbingan serta saran-saran positif selama penulis menyelesaikan tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan bermanfaat dikemudian hari.
4. Ibu Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan kritik dalam perbaikan isi dan penulisan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik dalam perbaikan isi dan penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika di jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung atas semua ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama ini.

7. Bapak dan Ibu, orang tua terhebat yang selalu kebersamai penulis. Terimakasih atas segala hal yang telah diberikan, cinta kasih, doa, kehangatan, pengorbanan, dan kesabaran dalam mendidik penulis sehingga penulis dimampukan menyelesaikan studi. Terimakasih telah menjadi pendengar segala keluh kesah dan cerita penulis selama berkuliah. Love you.
8. Mbak Alfa atau mbak Puput, kakak terbaik yang selalu memberikan penulis kebahagiaan sedari kecil. Kakak yang selalu dapat diandalkan oleh penulis. Terimakasih atas cinta kasih yang selalu diberikan kepada penulis. Love you.
9. Yuni Saputri, selaku partner tugas akhir sekaligus sahabat yang 24/7 bersama penulis. Terimakasih telah menjadi teman yang sangat baik dan sabar untuk penulis saat masa-masa kuliah, masa-masa kost bersama serta masa-masa pengerjaan tugas akhir yang mana banyak kekurangan dari penulis. Terimakasih telah menjadi tempat berbagi cerita dan membuat cerita.
10. Sri Oktapia dan Elistia Nursafitri, selaku sahabat yang selalu menemani dalam suka maupun duka kehidupan tekkim. Terimakasih telah bersama penulis sejak awal perkuliahan, sejak tidak sengaja duduk berdekatan saat pembagian tugas kelompok. Terimakasih telah menjadi tempat berbagi cerita dan membuat cerita.
11. Titin Na'afiah, Agita Amy Rizky dan Yoan Yuda Veronica atas kebersamaannya selama masa kuliah. Terimakasih telah menjadi teman berbagi cerita dan saling membantu. Kosan menjadi sepi tanpa kalian tiba-tiba datang.
12. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu saling membantu dan memberi dukungan. Terimakasih telah menjadi lingkungan yang baik dan positif untuk penulis sehingga memotivasi penulis untuk dapat ambis seperti kalian.
13. Aditya Seto Nugroho, atas kebersamaan dan kesabarannya menjadi tempat penulis berkeluh kesah. Terimakasih atas support positif yang diberikan sehingga memberikan semangat untuk penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala permasalahan yang ada.
14. Terkhusus untuk Rachel Mega Jessica Putri yang dengan segala kelemahannya mampu terus berusaha. Terimakasih karena percaya pertolongan Tuhan itu nyata, sehingga mampu melalui perjalanan perkuliahan

yang sangat tidak mulus ini dengan cukup baik. Semoga segala yang terjadi selama perkuliahan ini dapat memperkuat mental dan menjadi bekal dimasa yang akan datang.

15. Terimakasih untuk kucing sosmed, makhluk berbulu yang sangat random namun imut yang selalu mampu menaikkan mood penulis disaat-saat bosan, jenuh dan tidak bersemangat. Semoga kelak mampu menjadi babu salah satu dari kalian.

Akhir kata penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, akan tetapi besar harapan semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 27 Juni 2024
Penulis,

Rachel Mega Jessica Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisis Pasar	4
1.5 Kapasitas Perancangan.....	5
1.6 Lokasi Pabrik	9
II. DESKRIPSI PROSES	
2.1 Perancangan Proses.....	12
2.2 Tinjauan Termodinamika	13
2.3 Tinjauan Ekonomi.....	20
2.4 Pemilihan Proses.....	24
2.5 Uraian Proses	25
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1 Sifat – sifat Bahan Baku.....	27
3.2 Sifat – sifat Produk.....	28
IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	
3.1 Neraca Massa.....	30
3.2 Neraca Energi	35
V. SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Spesifikasi Alat Proses	40
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas.....	58
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
6.1 Unit Penyediaan air	89
6.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	100
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	100

6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	100
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	101
6.6 Unit Pengolahan Limbah	101
6.7 Unit Laboratorium	102
6.8 <i>Industrial Control System</i> (ICS)	104
VII. TATA LETAK PABRIK	
7.1 Lokasi Pabrik	107
7.2 Tata Letak Pabrik	109
7.3 Tata Letak Peralatan Proses	113
VIII. MANAJEMEN PERUSAHAAN	
8.1 Bentuk Perusahaan	115
8.2 Stuktur Organisasi Perusahaan	117
8.3 Tugas Dan Wewenang	120
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	126
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	126
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan	128
8.7 Kesejahteraan Karyawan	132
IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
9.1 Investasi	135
9.2 Evaluasi Ekonomi	138
9.3 Angsuran Pinjaman	142
X. SIMPULAN DAN SARAN	
10.1 Simpulan	143
10.2 Saran	143
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A P. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	
LAMPIRAN B P. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	
LAMPIRAN C P. SPESIFIKASI PERALATAN UTILITAS	
LAMPIRAN D P. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
LAMPIRAN E TUGAS KHUSUS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Pabrik Aluminium Oksida di Indonesia.....	3
Tabel 1.2. Pabrik Asam Sulfat di Indonesia	3
Tabel 1.3. Perusahaan Konsumen Aluminium Sulfat di ASEAN	4
Tabel 1.4. Data Impor Aluminium Sulfat di ASEAN (Ton)	5
Tabel 1.5. Data Ekspor Aluminium Sulfat dari Indonesia (Ton).....	6
Tabel 1.6. Kapasitas Produksi Aluminium Sulfat di Dunia	8
Tabel 2.1. Panas Pembentukan Komponen ΔH_f° 298 K	13
Tabel 2.2. Data Kapasitas Panas Komponen	13
Tabel 2.3. Energi Gibbs Komponen (ΔG_f°) 298 K	17
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk	20
Tabel 2.5. Data Berat Molekul Komponen.....	21
Tabel 2.6. Perbandingan Pemilihan Proses	24
Tabel 3.1. Komposisi Aluminium Oksida	27
Tabel 3.2. Komposisi Asam Sulfat	28
Tabel 4.1. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE – 101).....	30
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT – 101)	30
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE – 101).....	31
Tabel 4.5. Neraca Massa Reaktor (RE – 201)	31
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE – 302).....	32
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Mixpoint</i> (MP – 301).....	32
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE – 301).....	32
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Purge</i> (PR – 301)	33
Tabel 4.10. Neraca massa <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	33
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR – 301)	34
Tabel 4.12. Neraca Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301).....	34
Tabel 4.13. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE – 303).....	34
Tabel 4.14. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	35
Tabel 4.15. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE – 101)	35
Tabel 4.16. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT – 101).....	35

Tabel 4.17. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE – 102)	36
Tabel 4.18. Neraca Energi Reaktor (RE – 201).....	36
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE – 302)	36
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Mixpoint</i> (MP – 301).....	37
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE – 301)	37
Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Purge</i> (PR – 301).....	37
Tabel 4.23. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	37
Tabel 4.24. Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR – 301).....	38
Tabel 4.25. Neraca Energi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	38
Tabel 4.26. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE – 303)	38
Tabel 4.27. Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	39
Tabel 5.1.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST – 101)	40
Tabel 5.1.2. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 101)	40
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 101)	41
Tabel 5.1.4. Spesifikasi Gudang Bahan Baku (GD – 101).....	42
Tabel 5.1.5. Spesifikasi Silo (S – 101).....	42
Tabel 5.1.6. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101)	43
Tabel 5.1.7. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 101).....	43
Tabel 5.1.8. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 101).....	44
Tabel 5.1.9. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT – 101).....	44
Tabel 5.1.10. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 102)	45
Tabel 5.1.11. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 102).....	46
Tabel 5.1.12. Spesifikasi Reaktor (RE – 201)	47
Tabel 5.1.13. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 301)	47
Tabel 5.1.14. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 301).....	48
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EV – 301).....	49
Tabel 5.1.16. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF – 301)	49
Tabel 5.1.17. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 302)	49
Tabel 5.1.18. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 303)	50
Tabel 5.1.19. Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR – 301)	51
Tabel 5.1.20. Spesifikasi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	51
Tabel 5.1.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 304)	52

Tabel 5.1.22. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 302).....	52
Tabel 5.1.23. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC – 301)	53
Tabel 5.1.24. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 301).....	54
Tabel 5.1.25. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 301).....	54
Tabel 5.1.26. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	55
Tabel 5.1.27. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 303).....	55
Tabel 5.1.28. Spesifikasi <i>screw conveyor</i> (SC – 302).....	56
Tabel 5.1.29. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 302).....	57
Tabel 5.1.30. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 302).....	57
Tabel 5.1.31. Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk (GD – 301).....	58
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	58
Tabel 5.2.2. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	59
Tabel 5.2.3. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	59
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-401).....	60
Tabel 5.2.5. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	60
Tabel 5.2.6. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT – 402)	61
Tabel 5.2.7. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	61
Tabel 5.2.8. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT – 403).....	62
Tabel 5.2.9. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405)	63
Tabel 5.2.10. Spesifikasi <i>clarifier</i> (CL – 401).....	63
Tabel 5.2.11. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	64
Tabel 5.2.12. Spesifikasi <i>Sand Filter Tank</i> (SF – 401).....	64
Tabel 5.2.13. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407)	65
Tabel 5.2.14. Spesifikasi <i>Filter Water Tank</i> (FWT – 401)	65
Tabel 5.2.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408)	66
Tabel 5.2.16. Spesifikasi <i>Domestik water tank</i> (DWT – 401).....	67
Tabel 5.2.17. Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT – 401).....	67
Tabel 5.2.18. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409)	68
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Hot basin</i> (HB – 401).....	68
Tabel 5.2.20. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410)	69
Tabel 5.2.21. Spesifikasi <i>Storage Tank Biocide</i> (ST-401).....	70
Tabel 5.2.22. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411)	70

Tabel 5.2.23. Spesifikasi <i>Storage Tank Biodispersant</i> (ST – 402).....	71
Tabel 5.2.24. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412)	71
Tabel 5.2.25. Spesifikasi <i>Storage Tank Scale Inhibitor</i> (ST-403).....	72
Tabel 5.2.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413)	72
Tabel 5.2.27. Spesifikasi <i>Storage Tank Corossion Inhibitor</i> (ST – 403).....	73
Tabel 5.2.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414)	73
Tabel 5.2.29. <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	74
Tabel 5.2.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415)	74
Tabel 5.2.31. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401).....	75
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	75
Tabel 5.2.33 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> H ₂ SO ₄ (DT – 404)	76
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417)	76
Tabel 5.2.35. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401)	77
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 418)	77
Tabel 5.2.37. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT – 405)	78
Tabel 5.2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 419)	78
Tabel 5.2.39. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401).....	79
Tabel 5.2.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 420)	79
Tabel 5.2.41. Spesifikasi <i>Dimineral Water Tank</i> (ST – 405).....	80
Tabel 5.2.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 421)	81
Tabel 5.2.43. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST – 406).....	81
Tabel 5.2.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 422)	82
Tabel 5.2.45. Spesifikasi <i>Dearator</i> (DA – 401)	82
Tabel 5.2.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 423)	83
Tabel 5.2.47. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO – 401)	83
Tabel 5.2.48. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (SB – 401)	84
Tabel 5.2.49. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST – 407)	84
Tabel 5.2.50. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 501).....	85
Tabel 5.2.51. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC – 501).....	85
Tabel 5.2.52. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 502).....	85
Tabel 5.2.53. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 501).....	86
Tabel 5.2.54. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 503).....	86

Tabel 5.2.55. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 504).....	87
Tabel 5.2.56. Spesifikasi <i>Air Compresor</i> (AC – 501).....	87
Tabel 5.2.57. Spesifikasi <i>Generator</i> (GS – 601)	87
Tabel 5.2.58. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Limbah Cair (ST – 701).....	88
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	90
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Proses	90
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin	91
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	94
Tabel 6.5. Alat Ukur Variabel Utama Proses.....	105
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Aluminium Sulfat.....	112
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	128
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	128
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	130
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	130
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	131
Tabel 9.1. Perincian <i>Total Capital Invesment</i> pabrik Aluminium Sulfat	132
Tabel 9.2. Perincian <i>Total Production Cost</i> pabrik Aluminium Sulfat.....	137
Tabel 9.3. Hasil Evaluasi Kelayakan Ekonomi	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Jumlah Impor Aluminium Sulfat	6
Gambar 1.2. Jumlah Ekspor Aluminium Sulfat.....	7
Gambar 1.3. Lokasi Pabrik	11
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Water System</i>	93
Gambar 7.1. Lokasi Pendirian Pabrik Aluminium Sulfat	109
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	112
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	114
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Pabrik Aluminium Sulfat	119
Gambar 9.1. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	138
Gambar 9.2. <i>Maximum Acceptable Payout Time</i>	139
Gambar 9.3. Grafik Analisis Ekonomi	140
Gambar 9.4. Kurva <i>cumulative cash flow</i> terhadap umur pabrik.....	141

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pembangunan di sektor industri menjadi perhatian pemerintah karena kontribusinya pada struktur produk domestik bruto (PDB) merupakan yang tertinggi diantara sektor ekonomi lainnya, yakni sebesar 50,89% (Kemenperin, 2022). Pembangunan pada industri kimia semakin pesat seiring kemajuan teknologi yang juga menyumbangkan pendapatan negara seperti devisa dan pajak, selain itu mampu membuka lapangan kerja baru. Oleh karena peran sektor industri kimia begitu besar maka pemerintah berusaha meningkatkan kinerja pada sektor tersebut.

Adanya pembangunan industri memberikan tantangan tersendiri untuk memaksimalkan potensi sumber daya alam dan komoditas di Indonesia agar mampu menghasilkan produk yang bermanfaat. Bauksit merupakan bahan mentah yang diolah menjadi *smelter grade alumina* (SGA) atau aluminium oksida (Al_2O_3) (Kemenperin, 2016). Industri ini mengalami peningkatan produksi yang terus meningkat, hingga pada tahun 2022 angka ekspor aluminium oksida mencapai 2 juta ton (BPS, 2023). Hal ini mengidentifikasi melimpahnya produksi aluminium oksida di Indonesia, yang mana aluminium oksida dapat diolah menjadi aluminium sulfat, yang memiliki nilai jual lebih tinggi dibandingkan aluminium oksida.

Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) adalah senyawa kimia anorganik berbentuk padat, bubuk, atau bongkahan yang bersifat higroskopis yang tidak berwarna hingga berwarna sedikit putih (Kemenperin, 2014). Aluminium sulfat merupakan bahan kimia yang digunakan hampir semua industri, baik sebagai bahan utama maupun sebagai bahan baku penunjang. Kegunaan produk sangat luas, mulai dari pada penjernihan air, pada industri *pulp and paper*, penyetabil pH, antispetik, hingga aplikasi farmasi dan kosmetik (Othmer, 2005). Seiring dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan aluminium sulfat yang begitu

luas akan semakin meningkat, hal ini juga mengakibatkan sudah berdirinya pabrik aluminium sulfat di Indonesia.

Menurut Badan Pusat Statistik (2022), data ekspor dan impor aluminium sulfat dalam kurun waktu lima tahun terakhir dari tahun 2017-2021 mengalami peningkatan pada bagian ekspor produk yang pada tahun 2021 mengekspor 28.214 ton. Hal ini menunjukkan bahwa pasar aluminium sulfat bukan hanya di dalam negeri melainkan juga di luar negeri.

Melihat potensi pasar dan ketersediaan aluminium oksida yang melimpah serta asam sulfat yang tersedia di Indonesia, menjadikan peluang untuk didirikannya pabrik aluminium sulfat cukup besar. Pendirian pabrik aluminium sulfat mampu membuka lapangan kerja baru dan meningkatkan devisa negara dari kegiatan ekspor.

1.2 Kegunaan Produk

Beberapa kegunaan dari produk aluminium sulfat adalah sebagai berikut:

a. Industri Pulp dan Kertas

Aluminium sulfat digunakan pada industri pulp dan kertas untuk proses pengendapan, pengontrol pH bubur, mengatur pewarna dan memperbaiki ukuran damar pada serat kertas (Othmer, 2005).

b. Pengolahan Air Industri

Aluminium sulfat sering kali digunakan untuk proses pengolahan air pada unit utilitas pabrik. Aluminium sulfat berperan sebagai agen flokulasi atau koagulan. Ion aluminium pada aluminium sulfat akan terhidrasi dan bermuatan positif ketika ditambahkan ke dalam air. Ion tersebut kemudian akan menyerap koloid bermuatan negatif dan zat tersuspensi di dalam air yang menyebabkan flok-flok mengendap (Othmer, 2005).

c. Industri Kosmetik dan Farmasi

Aluminium sulfat atau tawas banyak digunakan dalam industri kosmetik dan farmasi sebagai bahan pembuat deodoran (Timur, 2019). Penggunaan

aluminium sulfat dalam deodorant berguna untuk memperkecil ukuran pori pada saluran keringat.

d. Industri pewarna

Aluminium sulfat dimanfaatkan sebagai agen mordan pada pewarna yang berguna sebagai pembangkit warna. Aluminium sulfat digunakan juga sebagai bahan pengeras pewarna, penstabil pH dan penyamakan warna atau *tanning* dalam pewarnaan bahan kulit (Othmer, 2005).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Aluminium sulfat diproduksi dari bahan baku asam sulfat dan aluminium oksida. Pabrik aluminium sulfat diperkirakan akan berdiri dengan kapasitas 28.000 ton/tahun sehingga membutuhkan asam sulfat sebesar 14.867 ton/tahun dan aluminium oksida sebesar 5.082 ton/tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, terdapat beberapa pabrik yang memproduksi aluminium oksida dapat dilihat pada Tabel 1.1. Sedangkan pabrik yang memproduksi asam sulfat dapat dilihat dari Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Pabrik Aluminium Oksida di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1.	PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery ^(a)	2.000.000	Ketapang, Kalimantan Barat
2.	PT. Inalum ANTAM Alumina ^(b)	1.000.000	Mempawah, Kalimantan Barat

Sumber: ^(a) PT. Well Harvest Winning, 2023; ^(b) Inalum, 2023

Tabel 1.2 Pabrik Asam Sulfat di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1.	PT. Petrokimia Gresik	400.000	Gresik, Jawa Timur
2.	PT. Petro Jordan Abadi	600.000	Gresik, Jawa Timur
3.	PT. Liku Telaga	325.000	Gresik, Jawa Timur

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
4.	PT. Smelting	342.000	Gresik, Jawa Timur
5.	PT. Indonesia Acids Industry	33.000	Cakung, Jakarta Timur
6.	PT. Madu Lingga	6.000	Gresik, Jawa Timur

Sumber: TKDN Kemenperin, 2023

1.4 Analisis Pasar

Analisa pasar merupakan suatu analisa yang dilakukan untuk mengetahui minat pasar terhadap produk dalam hal ini adalah aluminium sulfat. Dengan adanya analisis pasar dapat diketahui siapa yang membutuhkan produk yang ditawarkan, dimana lokasi produk itu dibutuhkan, dan kualitas produk seperti apa yang dibutuhkan (Adillah, 2022). Tujuan didirikan pabrik aluminium sulfat adalah untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat di dalam negeri dan luar negeri khususnya negara-negara di Asia Tenggara (ASEAN). Adapun beberapa perusahaan di ASEAN yang membutuhkan aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perusahaan Konsumen Aluminium Sulfat di ASEAN

No.	Nama Pabrik	Produk	Lokasi
1	PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk ^(a)	Kertas	Jawa Timur
2	PT. Adiprima Suraprinta ^(a)	Kertas	Jawa Timur
3	PT. Unilever Indonesia Tbk ^(b)	Kosmetik	Jawa Timur
4	Nipsea Paint and Chemical Co. ltd ^(c)	Cat	Jawa Timur
5	Jotun Paints Vietnam Co. ltd ^(d)	Cat	Vietnam
6	P&G manufacturing Thailand ltd ^(e)	Kosmetik	Thailand
7	Siam Kraft Industry ^(f)	Kertas	Thailand
8	Pascorp Paper Industries Berhad ^(g)	Kertas	Malaysia
9	Syera Services Sdn. Bhd. ^(h)	Cat	Brunei D.
10	Delfina Industries ⁽ⁱ⁾	Kertas	Singapura

Sumber : ^(a) cdmione, 2023

^(f) zoominfo, 2023

^(b)unilever, 2023^(g)paperindex, 2023^(c)nipsea.group, 2023^(h)syeraservice, 2023^(d)vietnamcredit, 2023⁽ⁱ⁾delfina, 2023^(e)pgcareers, 2023

1.5 Kapasitas Perancangan

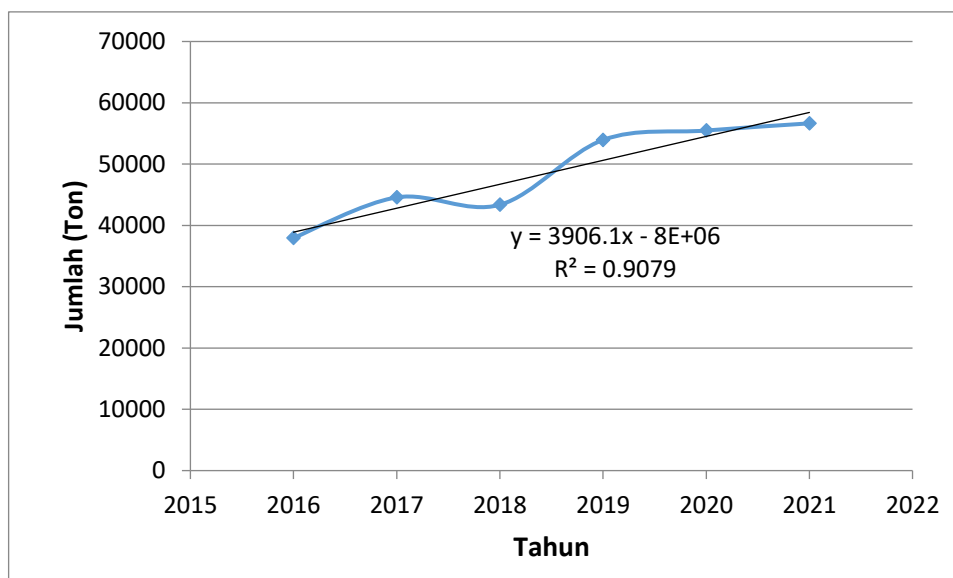
Minat pasar ASEAN terhadap produk tersebut sangat besar, sehingga terus dilakukan impor produk setiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat. Berikut data impor aluminium sulfat di ASEAN.

Tabel 1.4 Data Impor Aluminium Sulfat di ASEAN (Ton)

Negara	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Indonesia ^(a)	249	60	66	177	201	80
Malaysia	3.109	696	1.621	5.340	5.642	10.529
Singapura	10.415	11.039	8.989	14.158	6.780	8.667
Thailand	600	964	2.818	1.461	1.854	1.117
Filipina	6.436	9.771	5.757	7.914	17.953	10.566
Brunei D.	6.524	8.674	9.697	9.112	7.397	7.546
Vietnam	7.008	8.189	8.717	8.528	8.376	10.647
Laos	292	184	65	233	48	181
Myanmar	2.283	3.619	3.823	4.628	3.872	3.789
Kamboja	968	1.375	1.812	2.392	3.357	3.452
Timor Leste	78	2				70
Total	37.962	44.573	43.364	53.943	55.479	56.645

Sumber : WITS, 2023; ^(a)Badan Pusat Statistik, 2023

Dari data impor akan dilakukan perhitungan kebutuhan menggunakan pendekatan regresi linear seperti pada Grafik 1.1



Grafik 1.1 Jumlah Impor Aluminium Sulfat

Dari Grafik 1.1 didapatkan persamaan linear jumlah impor di Asia Tenggara untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat yaitu $y = 3906,13x - 7835862$, dengan x adalah tahun y adalah kebutuhan aluminium sulfat pada tahun x .

Pembangunan pabrik aluminium sulfat direncanakan akan didirikan pada tahun 2026, sehingga dengan memasukkan nilai x sebesar 2026 pada persamaan akan diperoleh:

$$y = 3906,13x - 7835862$$

$$y = (3906,13x \times 2026) - 7835862$$

$$y = 7913819 - 7835862$$

$$y = 77.956,98$$

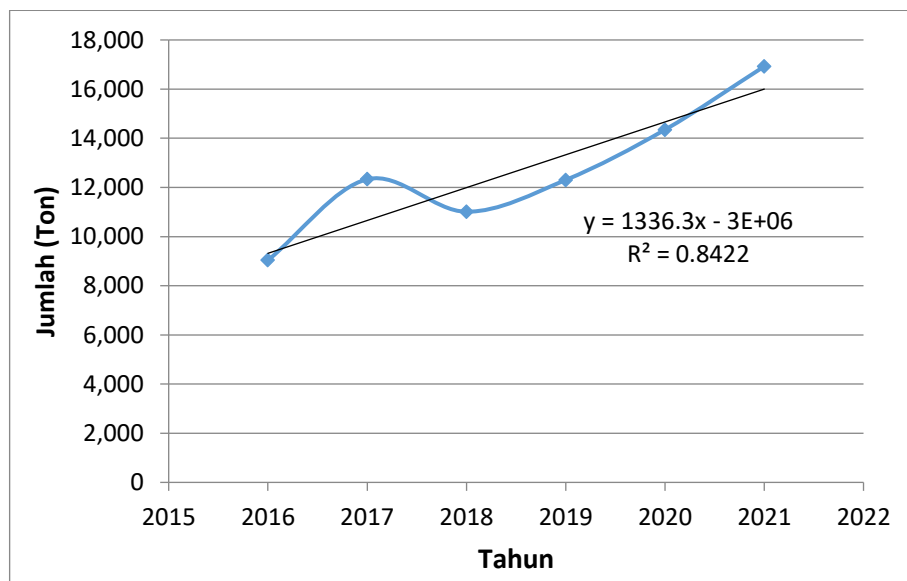
Dari persamaan tersebut didapat kebutuhan impor aluminium sulfat di ASEAN pada tahun 2026 adalah 77.957 ton/tahun. Indonesia juga merupakan negara pengekspor aluminium sulfat. Berikut adalah jumlah ekspor dari Indonesia ke negara-negara di ASEAN.

Tabel 1.5 Data Ekspor Aluminium Sulfat dari Indonesia (Ton)

Negara	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Malaysia	824	373	1.190	2.050	1.373	6.001
Singapura	1.876	4.369	3.475	3.950	4.256	2.540

Negara	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Thailand	1.281	1.659	458	372	3.516	3.298
Filipina	-	-	-	180	740	160
Vietnam	5.059	5.932	5.889	5.753	4.464	4,926
Total	9.039	12.333	11.012	12.305	14.349	16.925

Sumber : Badan Pusat Statistika, 2023



Grafik 1.2 Jumlah Ekspor Aluminium Sulfat

Dari Grafik 1.2 didapatkan persamaan linear ekspor aluminium sulfat di Indonesia yaitu $y = 1336,272x - 2684605$, dengan x adalah tahun y adalah kebutuhan aluminium sulfat pada tahun x .

Pembangunan pabrik aluminium sulfat direncanakan akan didirikan pada tahun 2026. Sehingga untuk mendapatkan jumlah ekspor, masukan nilai x sebesar 2026 pada persamaan yang telah diperoleh:

$$y = 1336,272x - 2684605$$

$$y = (1336,272x \times 2026) - 2684605$$

$$y = 2707287 - 2684605$$

$$y = 22.682,56$$

Maka pada tahun 2026 terdapat peluang untuk pendirian aluminium sulfat sebagai berikut:

Peluang = Jumlah impor – jumlah ekspor

Peluang = 77.957 ton/tahun – 22.683 ton/tahun
= 55.274 ton/tahun

Berdasarkan UU Nomor 5 Tahun 1999 Tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat menyebutkan, pelaku usaha menguasai lebih dari 50% pangsa pasar satu jenis barang atau jasa tertentu mengakibatkan terjadinya praktek monopoli dan atau persaingan usaha tidak sehat. Oleh karena itu, kapasitas pabrik aluminium sulfat direncanakan sebesar 50% dari peluang pada tahun 2026 yaitu 28.000 ton/tahun. Pembangunan pabrik aluminium sulfat dengan kapasitas 28.000 ton/tahun ini memungkinkan untuk dilakukan. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan kapasitas produksi aluminium sulfat dari berbagai pabrik yang telah berdiri sebelumnya. Beberapa pabrik aluminium sulfat yang telah berdiri dapat dilihat dalam tabel 1.6.

Tabel 1.6 Kapasitas Produksi Aluminium Sulfat di Dunia

Nama Pabrik	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Indonesian Acids Industry	Indonesia	16.000 ^(a)
PT. Mahkota Indonesia	Indonesia	45.000 ^(b)
PT. Liku Telaga	Indonesia	35.000 ^(a)
PT. Dunia Kimia Utama	Indonesia	30.000 ^(b)
Shandong Yili-Spring Chemical Co., Ltd	China	100.000 ^(c)
Drury Industries	Nigeria	90.000 ^(d)
Awash Melkassa Chemical	Etiopia	12.000 ^(e)
Sulfert	Turki	48.000 ^(f)
Henan Jinhe Industry Co., Ltd	China	60.000 ^(g)
Sumber : ^(a) TKDN Kemenperin, 2023		^(e) Sulphuric-acid, 2023
^(b) Lautan Luas, 2010		^(f) eworldtrade, 2023

^(c) Made-in-china, 2023^(g) jinhete, 2023^(d) drury-industries, 2023

1.6 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi suatu pabrik merupakan suatu hal yang penting mengingat letak geografis sangat berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi dan distribusi dari pabrik tersebut, mulai dari transportasi hingga ketersediaan tenaga kerja. Pemilihan lokasi perlu dipertimbangkan karena kesalahan pemilihan lokasi dapat berakibat biaya produksi semakin tinggi dan tidak ekonomis. Faktor-faktor penunjang yang menjadi pertimbangan pendirian suatu pabrik diantaranya:

1. Bahan baku

Bahan baku merupakan hal yang penting karena nantinya akan dikonversi menjadi produk. Lokasi pabrik diharapkan dekat dengan bahan baku yang diperoleh sehingga mempercepat penerimaan, meminimalkan biaya transportasi, dan proses produksi dapat dilaksanakan terus menerus. Bahan baku pembuatan aluminium sulfat adalah aluminium oksida dan asam sulfat. Asam sulfat nantinya diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi sebesar 400.000 ton/tahun yang berada di Gresik, Jawa Timur. Sedangkan aluminium oksida diperoleh PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery dengan kapasitas 2.000.000 ton/tahun yang berada di Kalimantan Barat. Melihat ketersediaan bahan baku pabrik dapat didirikan di Pulau Kalimantan atau Pulau Jawa.

2. Pemasaran produk

Untuk pemasaran produk perlu diperhatikan letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut guna menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman. Aluminium sulfat dipasarkan di bidang industri diantaranya pada industri *pulp and paper*, penjernih air, farmasi dan kosmetik, dan industri cat. Beberapa industri beserta lokasinya yang membutuhkan aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel

1.3. Dilihat dari lokasi pemasarannya, konsumen aluminium sulfat adalah negara ASEAN sehingga membutuhkan pelabuhan internasional untuk pendistribusiannya, sedangkan untuk pemasaran dalam negeri banyak tersebar di pulau Jawa Timur. Sehingga pendiri pabrik di Jawa Timur memungkinkan karena mudahnya mengakses pasar dari transportasi darat dan laut.

3. Sumber air dan utilitas

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan perairan sehingga mampu menunjang sarana utilitas selama proses produksi. Pemilihan Gresik, Jawa Timur mampu menunjang bagian utilitas karena berada di kawasan industri. Selain itu Gresik merupakan muara Sungai Bengawan Solo dan Kalimireng yang dapat digunakan sebagai sumber air utilitas karena memiliki debit air yang cukup tinggi (Pembab Gresik, 2023) yang kemudian dilakukan proses demineralisasi dan dijadikan air proses, sedangkan kebutuhan listrik didapat dari PLN sektor Gresik yang merupakan PLN Pembangkit dan Penyaluran Jawa dan Bali dan terletak di sebelah timur kota Gresik pada deretan industri besar (Kementrian ESDM, 2021).

4. Sarana Transportasi

Sarana transportasi sebagai penunjang distribusi bahan baku maupun produk harus memiliki akses baik untuk transportasi darat maupun perairan. Di Gresik, Jawa Timur merupakan wilayah yang cukup strategis untuk mendirikan sebuah pabrik dikarenakan telah tersedianya akses transportasi baik jalur darat maupun perairan. Wilayah Gresik merupakan wilayah pesisir pantai yang potensial untuk kegiatan pelabuhan, dimana di sepanjang pesisir pantai Kecamatan Kebomas Gresik terdapat satu pelabuhan umum yang dikelola PT. Pelindo III Cabang Gresik (Pembab Gresik, 2023). Selain itu Kawasan Gresik memiliki internasional pelabuhan yaitu Tanjung Perak yang dapat digunakan untuk mendistribusikan produk ke luar negeri. Sedangkan

BAB II

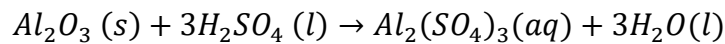
DESKRIPSI PROSES

2.1 Perancangan Proses

Pembuatan aluminium sulfat dapat dilakukan dengan 2 proses yakni proses Dorr dan proses Guilini. Berikut tinjauan dari masing-masing proses:

2.1.1 Proses Dorr

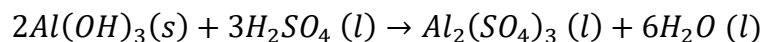
Proses Dorr merupakan proses pembuatan aluminium sulfat dimulai dengan memasukan Al_2O_3 dengan asam sulfat dan mereaksikan dalam reaktor. Reaksi yang terjadi pada reaktor sebagai berikut:



Reaksi berlangsung dalam reaktor yang dijaga suhunya $172^{\circ}C$ dan 4,2 atm dengan konversi sebesar 97% (US 3.226.188). Keluaran dari reaktor selanjutnya diumpankan ke dalam *crystallizer* untuk pembentukan kristal. Massa padat kristal yang diperoleh dari *crystallizer* kemudian dikeringkan dalam *dryer* untuk mendapatkan kristal anhidrat (US. 2.452.024).

2.1.2 Proses Guilini

Pada proses Guilini, aluminium sulfat diperoleh dengan mereaksikan aluminium hidroksida dan asam sulfat dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi dalam reaktor berjalan pada suhu $170^{\circ}C$ dan tekanan 5 atm dengan konversi sebesar 78%. Hasil reaksi dari reaktor yang berupa lelehan selanjutnya dipekatkan dalam evaporator, kemudian dialirkan ke dalam tangki vakum untuk didinginkan. Lelehan dari tangki vakum diumpankan ke dalam *mixer* yang di dalamnya ditambah bubuk 1-2% aluminium sulfat untuk mempercepat pembentukan kristal. Larutan keluaran dari *mixer* kemudian dikristalkan dalam *crystallizer* yang menghasilkan kristal pipih sehingga perlu ada pengecilan ukuran dengan *hammer mill* dan penyeragaman ukurannya dengan *Sitting Unit* (Ulmann, 2005).

2.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis dan apakah reaksi itu berjalan spontan atau tidak spontan.

2.2.1 Panas Reaksi (ΔH)

Reaksi berjalan eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan meninjau panas reaksi (ΔH). ΔH menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecilnya nilai ΔH tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan atau dihasilkan saat reaksi kimia tersebut terjadi. ΔH bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi tersebut endotermis atau membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut eksotermis atau menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (Bird, 1987).

Tabel 2.1 Panas Pembentukan Komponen ΔH_f° 298 K

Komponen	ΔH_f° 298 K (kJ/mol)
$\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a)}$	-1675,7
$\text{H}_2\text{SO}_4^{\text{a)}$	-814
$\text{Al}(\text{SO}_4)_3^{\text{a)}$	-3790
$\text{H}_2\text{O}^{\text{a)}$	-285,83
$\text{Al}(\text{OH})_3^{\text{b)}$	-1293,1

Sumber: a) Speight, 2005

b) Robie, 1995

Tabel 2.2 Data Kapasitas Panas Komponen

Komponen	A	B	C	D
Al_2O_3	-8,121	3,87E-01	-3,16E-04	0
H_2SO_4	26,004	0,70337	-0,00129	1,03E-06
$\text{Al}(\text{SO}_4)_3$	108,779	0,58215	-0,00029	0
H_2O	92,053	-0,039953	-0,00021	5,35E-07
$\text{Al}(\text{OH})_3^{\text{(a)}}$	91,7	0	0	0

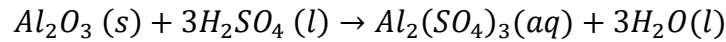
Sumber : Yaws, 1999; dengan $C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$

dimana T = suhu (K)

^(a) Robie, 1995; dengan $C_p = (A+BT+CT^{-2}+ CT^{-0,5})$

dimana T = suhu (K)

a. Proses Dorr



Perhitungan nilai panas reaksi standar berdasarkan nilai panas pembentukan perkomponen pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \sum (v \cdot \Delta H_f^\circ)_{produk} - \sum (v \cdot \Delta H_f^\circ)_{reaktan} \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta H^\circ = ((v \cdot \Delta H_f^\circ Al_2(SO_4)_3) + (v \cdot \Delta H_f^\circ H_2O)) - ((v \cdot \Delta H_f^\circ Al_2O_3) + (v \cdot \Delta H_f^\circ H_2SO_4))$$

$$\Delta H^\circ = ((-3790) + (3 \times 285,83)) - ((-1675,7) + (3 \times -814))$$

$$\Delta H^\circ = (-4647,49) - (-4117,7)$$

$$\Delta H^\circ = -529,790 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -529.790 \text{ J /kmol}$$

Berdasarkan data pada tabel 2.2 dapat diperoleh nilai C_p masing-masing komponen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Al_2O_3 &= -8,121 + -0,386887(445) + -0,00032(445))^2 \\ &= 101,4147 \text{ J/mol K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2SO_4 &= 26,004 + 0,70337(445) + -0,00129(445)^2 + \\ &\quad 1,0342 \cdot 10^{-6}(445)^3 \\ &= 175,5576 \text{ J/mol K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Al(SO_4)_3 &= 108,779 + 0,58215(445) + -0,00029(445)^2 \\ &= 310,9650 \text{ J/mol K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2O &= 92,053 + -0,03953(445) + -0,00021(445)^2 + \\ &\quad 5,3469 \cdot 10^{-7}(445)^3 \\ &= 79,6022 \text{ J/mol K} \end{aligned}$$

Sehingga ΔC_p dapat diperoleh:

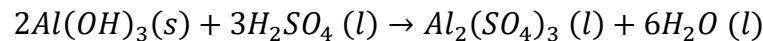
$$\Delta C_p = \sum_i v_i C_{p_i} \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\begin{aligned}
&= (v_{Cp_{Al_2O_3}} Cp_{Al_2O_3}) + (v_{H_2SO_4} Cp_{H_2SO_4}) + (v_{Al(SO_4)_3} Cp_{Al(SO_4)_3}) + \\
&\quad (v_{H_2O} Cp_{H_2O}) \\
&= (-1 \times 101,4147) + (-3 \times 175,5576) + (1 \times 310,9650) + \\
&\quad (3 \times 79,6022) \\
&= -78,3159 \text{ J/mol K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H &= \Delta H^\circ + \Delta Cp (T - T_0) && \text{(Smith, 2001)} \\
&= -529.790 \text{ J/mol} + -78,3159 \text{ J/mol K} (445 \text{ K} - 298 \text{ K}) \\
&= -541.302 \text{ J/mol} \\
&= -541,302 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Pada proses Dorr, dalam menghasilkan aluminium sulfat dari aluminium oksida dan asam sulfat menghasilkan ΔH sebesar -541,302 kJ/mol. Nilai ΔH yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara eksotermis.

b. Proses Guilini



Perhitungan nilai panas reaksi standar berdasarkan nilai panas pembentukan perkomponen pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \sum (v \cdot \Delta H_f^\circ)_{produk} - \sum (v \cdot \Delta H_f^\circ)_{reaktan} \quad \text{(Smith, 2001)}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H^\circ &= ((v \cdot \Delta H_f^\circ Al_2(SO_4)_3) + (v \cdot \Delta H_f^\circ H_2O)) - ((v \cdot \Delta H_f^\circ Al(OH)_3) \\
&\quad + (v \cdot \Delta H_f^\circ H_2SO_4)) \\
\Delta H^\circ &= ((-3790) + (6 \times -285,83)) - ((2 \times -1293,1) + (3 \times -814)) \\
\Delta H^\circ &= (-5504,98) - (-5028,2) \\
\Delta H^\circ &= -476,780 \text{ kJ/mol} \\
&= -476.780 \text{ J/mol}
\end{aligned}$$

Berdasarkan data pada tabel 2.2 dapat diperoleh nilai Cp masing-masing komponen sebagai berikut:

$$Al(OH)_3 = 91,7$$

$$\begin{aligned}
 &= 91,7 \text{ J/mol K} \\
 \text{H}_2\text{SO}_4 &= 26,004 + 0,70337(443) + -0,00129(443)^2 + \\
 &\quad 1,0342 \cdot 10^{-6}(443)^3 \\
 &= 175,2108 \text{ J/mol K} \\
 \text{Al}(\text{SO}_4)_3 &= 108,779 + 0,58215(443) + -0,00029(443)^2 \\
 &= 310,3107 \text{ J/mol K} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 92,053 + -0,03953(443) + -0,00021(443)^2 + \\
 &\quad 5,3469 \cdot 10^{-7}(443)^3 \\
 &= 79,4244 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

Sehingga ΔC_p dapat diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= \sum_i v_i C_{p_i} && (\text{Smith, 2001}) \\
 &= (v_{Cp_{Al(OH)_3}} C_{p_{Al(OH)_3}}) + (v_{H_2SO_4} C_{p_{H_2SO_4}}) + (v_{Al(SO_4)_3} C_{p_{Al(SO_4)_3}}) + \\
 &\quad (v_{H_2O} C_{p_{H_2O}}) \\
 &= (-2 \times 91,7) + (-3 \times -175,2108) + (1 \times 310,3107) + \\
 &\quad (6 \times 79,4244) \\
 &= 77,8250 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T_0) && (\text{Smith, 2001}) \\
 &= -476.780 \text{ J/mol} + 77,8250 \text{ J/mol K} (443 \text{ K} - 298 \text{ K}) \\
 &= -465.495 \text{ J/mol} \\
 &= -465,495 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada proses Guilini, dalam menghasilkan aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat menghasilkan ΔH sebesar -465,495 kJ/mol. Nilai ΔH yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara eksotermis.

2.1.2.2 Energi Bebas Gibbs (ΔG)

ΔG menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG bernilai positif menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat berlangsung secara

spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan. Oleh karena itu semakin kecil atau negatif ΔG maka reaksi tersebut semakin baik untuk berlangsung spontan (Bird, 1987).

Berikut data energi gibbs pembentukan (ΔG°_f) pada 298 K untuk masing-masing komponen:

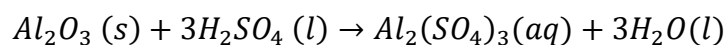
Tabel 2.3 Energi Gibbs Komponen (ΔG°_f) 298 K

Komponen	ΔG°_f 298 K (kJ/mol)
$Al_2O_3^{a)}$	-1582,3
$H_2SO_4^{a)}$	-689,9
$Al(SO_4)_3^{a)}$	-3207
$H_2O^{a)}$	-237,14
$Al(OH)_3^{b)}$	-1154,9

Sumber: a) Speight, 2005

c) Robie, 1995

a. Proses Dorr



Perhitungan nilai energi gibbs standar berdasarkan nilai perkomponen yang ada pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \sum (V \cdot \Delta G^\circ_f)_{produk} - \sum (V \cdot \Delta G^\circ_f)_{reaktan} \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta G^\circ = ((v \cdot \Delta G^\circ_f Al_2(SO_4)_3) + (v \cdot \Delta G^\circ_f H_2O)) - ((v \cdot \Delta G^\circ_f Al_2O_3) + (v \cdot \Delta G^\circ_f H_2SO_4))$$

$$\Delta G^\circ = ((-3207) + (3 \times -237,14)) - ((-1582,3) + (3 \times -689,9))$$

$$\Delta G^\circ = (-3918,42) - (-3652)$$

$$\Delta G^\circ = -266,42 \text{ kJ/mol}$$

$$= -266.42 \text{ J/mol}$$

Pada Smith (2001) diperoleh persamaan konstanta, pada keadaan standar dapat diperoleh:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\
 &= e^{\frac{-266.42 \text{ J/mol}}{(8.314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}} \\
 &= 5,022.10^{46}
 \end{aligned}$$

Maka konstanta pada keadaan reaksi dapat diperoleh:

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{Bird, 1987})$$

$$\ln \frac{5,022.10^{46}}{K_2} = \frac{-529.79 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{445 \text{ K}} - \frac{1}{289 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{5,022.10^{46}}{K_2} = 70,6374$$

$$\frac{5,022.10^{46}}{K_2} = e^{70,6374}$$

$$\frac{5,022.10^{46}}{K_2} = 4,76.10^{30}$$

$$K_2 = \frac{5,022.10^{46}}{4,76.10^{30}}$$

$$K_2 = 1,055.10^{16}$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_2$$

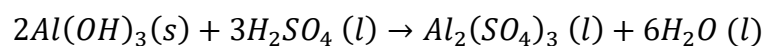
$$\Delta G = -266.42 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(445\text{K}) \ln (1,055. 10^{16}))$$

$$\Delta G = -129.917 \text{ J/mol}$$

$$= -129,917 \text{ kJ/mol}$$

Pada proses Dorr, pembuatan aluminium sulfat dengan aluminium oksida dan asam sulfat menghasilkan ΔG sebesar -129,917 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan.

b. Proses Guilini



Perhitungan nilai energi Gibbs standar berdasarkan nilai perkomponen yang ada pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \sum (v \cdot \Delta G_f^\circ)_{produk} - \sum (v \cdot \Delta G_f^\circ)_{reaktan} \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\Delta G^\circ = ((v.\Delta G^\circ_f Al_2(SO_4)_3) + (v.\Delta G^\circ_f H_2O)) - ((v.\Delta G^\circ_f Al(OH)_3) + (v.\Delta G^\circ_f H_2SO_4))$$

$$\Delta G^\circ = ((-3207) + (6 \times -237,14)) - ((2 \times -1154,9) + (3 \times -689,9))$$

$$\Delta G^\circ = (-4629,84) - (-4379,5)$$

$$\Delta G^\circ = -250,34 \text{ kJ/mol}$$

$$= -250.34 \text{ J/mol}$$

Pada Smith (2001) diperoleh persamaan konstanta, pada keadaan standar dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} K_1 &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\ &= e^{\frac{-250.34 \text{ J/mol}}{(8.314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}} \\ &= 7,62.10^{25} \end{aligned}$$

Sedangkan konstanta pada keadaan reaksi dapat diperoleh:

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{Bird, 1987})$$

$$\ln \frac{7,62.10^{25}}{K_2} = \frac{-476,780 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{443 \text{ K}} - \frac{1}{289 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{7,62.10^{25}}{K_2} = 62,9877$$

$$\frac{7,62.10^{25}}{K_2} = e^{62,9877}$$

$$\frac{7,62.10^{25}}{K_2} = 2,2658.10^{27}$$

$$K_2 = \frac{7,62.10^{25}}{2,2658.10^{27}}$$

$$K_2 = 3.10^{27}$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_2$$

$$\Delta G = -250,34 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(443 \text{ K}) \ln 3.10^{17})$$

$$\Delta G = -110.181 \text{ J/mol}$$

$$= -110,181 \text{ kJ/mol}$$

Pada proses pembuatan aluminium sulfat dengan proses Guilini menghasilkan ΔG sebesar -110,181 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan.

Keterangan:

ΔH° = panas reaksi standar (J/mol)

ΔH = panas reaksi (J/mol)

ΔH°_f = panas reaksi komponen standar (J/mol)

ΔG° = energi gibbs reaksi standar (J/mol)

ΔG = energi gibbs reaksi (J/mol)

ΔG°_f = energi gibbs reaksi komponen standar (J/mol)

T = temperatur (T)

ν = koefisien reaksi

R = konstanta gas universal (8,314 J/mol.K)

C_p = kapasitas panas (J/mol.K)

K = konstanta

2.3 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi pada suatu proses produksi bertujuan untuk mengetahui potensi ekonomi berdasarkan perhitungan kasar dari selisih pembelian bahan baku dan penjualan produk. Maka besarnya potensi ekonomi dari suatu proses adalah sebagai berikut:

$$\text{Potensi ekonomi} = (\text{total harga produk}) - (\text{total harga bahan baku})$$

Dengan harga bahan baku dan produk sebagai berikut:

Tabel 2.4 Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/kg)
H ₂ SO ₄	3.394
Al ₂ O ₃	10.057
Al(OH) ₃	13.632
Al ₂ (SO ₄) ₃	38.679

Sumber : Alibaba, 2023

(Per tanggal 16 februari 2023, Kurs USD 1=Rp15.147,00)

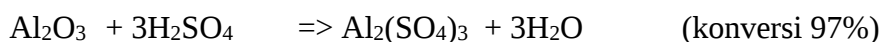
Berikut adalah berat molekul tiap komponen:

Tabel 2.5 Data Berat Molekul Komponen

Komponen	Berat Molekul (g/mol)
H ₂ SO ₄	98
Al ₂ O ₃	102
Al ₂ (SO ₄) ₃	342
Al(OH) ₃	78
H ₂ O	18

2.3.1 Proses Dorr

Reaksi:



Jika dari reaksi diatas diperoleh produk Al₂(SO₄)₃ sebanyak 1 kg (1000 gram) maka:

$$n \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{m \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3}{BM \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1000 \text{ gram}}{342 \text{ gram/mol}} = 2,924 \text{ mol}$$

Sehingga jumlah reaktan yang bereaksi dapat dihitung dengan perbandingan koefisien stoikiometri

	Al ₂ O ₃	+	3H ₂ SO ₄	=>	Al ₂ (SO ₄) ₃	+	3H ₂ O	(konversi 97%)
M :	3,014		8,772					
B :	2,924		8,772		2,924		8,772	
S :	0,090		0,000		2,924		8,772	

Dengan konversi 97%, maka jumlah reaktan mula-mula:

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah reaktan mula-mula}}$$

$$\text{mol reaktan mula - mula} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{0,97}$$

$$n \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ mula-mula} = \frac{2,924 \text{ mol}}{0,97} = 3,014 \text{ mol}$$

Sedangkan H₂SO₄ akan habis bereaksi, sehingga jumlah reaktan mula-mula sama dengan jumlah reaktan yang bereaksi:

$$n \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} = 8,772 \text{ mol}$$

Sehingga jumlah bahan baku yang dibutuhkan adalah:

$$n \text{ Al}_2\text{O}_3 = 3,014 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ mula-mula} &= n \text{ Al}_2\text{O}_3 \times \text{BM Al}_2\text{O}_3 \\ &= 3,014 \text{ mol} \times 102 \text{ gram/mol} \\ &= 307,470 \text{ gram} = 0,307 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n \text{ H}_2\text{SO}_4 = 8,772 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} &= n \text{ H}_2\text{SO}_4 \times \text{BM H}_2\text{SO}_4 \\ &= 8,772 \text{ mol} \times 98 \text{ gram/mol} \\ &= 859,649 \text{ gram} = 0,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka biaya bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Rp}10.057/\text{kg} \times 0,307 \text{ kg} = \text{Rp}3.087,00$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Rp}3.894/\text{kg} \times 0,86 \text{ kg} = \text{Rp}3.347,00$$

Selisih harga produk – harga bahan baku:

$$= \text{Rp}38.679 - (\text{Rp}3.087,00 + \text{Rp}3.347,00)$$

$$= \text{Rp}32.245,00$$

Maka dengan kapasitas produksi 28.000 ton/tahun didapatkan:

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp}23.919,00/\text{kg} \times 28.000.000 \text{ kg} = \text{Rp}902.860.000.000,00/\text{tahun}$$

2.1.3.2 Proses Guilini

Reaksi:



Jika dari reaksi diatas diperoleh produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sebanyak 1 kg (1000 gram) maka:

$$n \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{m \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{BM Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1000 \text{ gram}}{342 \text{ gram/mol}} = 2,924 \text{ mol}$$

Sehingga jumlah reaktan yang bereaksi dapat dihitung dengan perbandingan koefisien stoikiometri

	$2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ (konversi 78%)			
M :	7,497	8,772		
B :	5,848	8,772	2,924	17,544
S :	1,649	0,000	2,924	17,544

Dengan konversi 90%, maka jumlah reaktan mula-mula:

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah reaktan mula-mula}}$$

$$\text{mol reaktan mula - mula} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{0,78}$$

$$n \text{ Al}(\text{OH})_3 \text{ mula-mula} = \frac{5,848 \text{ mol}}{0,78} = 7,497 \text{ mol}$$

Sedangkan H_2SO_4 akan habis bereaksi, sehingga jumlah reaktan mula-mula sama dengan jumlah reaktan yang bereaksi:

$$n \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} = 8,772 \text{ mol}$$

Sehingga jumlah bahan baku yang dibutuhkan adalah:

$$n \text{ Al}(\text{OH})_3 = 7,497 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m \text{ Al}(\text{OH})_3 \text{ mula-mula} &= n \text{ Al}(\text{OH})_3 \times \text{BM Al}(\text{OH})_3 \\ &= 7,497 \text{ mol} \times 78 \text{ gram/mol} \\ &= 584,795 \text{ gram} = 0,585 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n \text{ H}_2\text{SO}_4 = 8,772 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ mula-mula} &= n \text{ H}_2\text{SO}_4 \times \text{BM H}_2\text{SO}_4 \\ &= 8,772 \text{ mol} \times 98 \text{ gram/mol} \\ &= 859,649 \text{ gram} = 0,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka biaya bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah:

$$\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Rp}13.632/\text{kg} \times 0,585 \text{ kg} = \text{Rp}7.971,00$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Rp}3.894/\text{kg} \times 0,86 \text{ kg} = \text{Rp}3.347,00$$

Selisih harga produk – harga bahan baku:

$$= \text{Rp}38.679,00 - (\text{Rp}7.971,00 + \text{Rp}3.347,00)$$

$$= \text{Rp}27.361,00$$

Maka dengan kapasitas produksi 28.000 ton/tahun didapatkan:

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp}27.361/\text{kg} \times 28.000.000 \text{ kg} = \text{Rp}766.108.000.000,00/\text{tahun}$$

2.4 Pemilihan Proses

Tabel 2.6 Perbandingan Pemilihan Proses

Parameter	Proses Dorr	Proses Guilini
Bahan Baku	Aluminium Oksida dan Asam Sulfat	Aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat
Temperatur (°C)	172	170
Tekanan (atm)	4,2	5
Konversi (%)	97	78
ΔH^0 (kJ/mol)	-529,79	-476,781
ΔG^0 (kJ/mol)	-126,917	-110,181
Profit (Rp/tahun)	902.860.000.000	766.108.000.000

Dari beberapa parameter di atas, maka dipilih proses Dorr yaitu pembuatan aluminium sulfat dengan bahan baku aluminium oksida dan asam sulfat dengan beberapa pertimbangan seperti :

1. Bahan baku

Pada proses Dorr digunakan aluminium oksida yang merupakan komoditas cukup besar di Indonesia. Sedangkan ketersediaan aluminium hidroksida cukup kecil di Indonesia dilihat dari data impor tahun 2021 hingga .

2. Profit

Profit pertahun proses Dorr jauh lebih besar dari pada proses guilini. Dikarenakan harga aluminium oksida lebih murah dibanding aluminium hidroksida. Serta penggunaan bahan baku aluminium hidroksida lebih banyak dibanding aluminium oksida dalam pembentukan produk pada

massa tertentu. Sehingga proses dorr lebih ekonomis dan menguntungkan.

3. Kondisi Operasi

Ditinjau dari kondisi operasi meliputi suhu dan tekanan, proses dorr lebih rendah dibandingkan dengan proses guilini.

4. Konversi

Konversi pada proses Dorr lebih besar dibandingkan dengan proses Guilini. Sehingga beban *recycle* proses Dorr lebih rendah daripada proses Guilini.

5. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan Termodinamika meliputi panas reaksi dan energi gibbs pada proses Dorr reaksi berjalan eksotermis dan reaksi spontan dibandingkan dengan proses Guilini sehingga penggunaan energi lebih kecil.

2.5 Uraian Proses

Proses pembuatan aluminium sulfat ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi dan tahap pemurnian.

2.5.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku H_2SO_4 dalam bentuk cairan disimpan pada tangki penyimpanan sedangkan bahan baku Al_2O_3 dalam bentuk padatan disimpan pada silo yang kemudian diumpankan ke *Mixing Tank* untuk ditambahkan air. Selanjutnya sebelum masuk reaktor, H_2SO_4 dan *slurry* Al_2O_3 dipompa ke *Heater* 101 dan 102 untuk dipanaskan hingga temperatur 172 °C.

2.5.2 Tahap Reaksi

H_2SO_4 dari *Heater* 101 dan *slurry* Al_2O_3 dari *Heater* 102 diumpankan ke dalam Reaktor untuk direaksikan yang kemudian membentuk aluminium sulfat. Reaksi berlangsung di Reaktor yang dilengkapi pengaduk dan reaksi yang terjadi secara eksotermis pada temperatur 172°C tekanan 4,2 atm.

2.5.3 Tahap Pemurnian

Keluaran reaktor kemudian dialirkan ke Heater 301 dan *Expander Valve* untuk diturunkan suhu dan tekanannya sebelum dialirkan ke *centrifuge*. Kemudian di *centrifuge* untuk memisahkan padatan aluminium oksida yang tidak bereaksi dari larutan aluminium sulfat, yang nantinya padatan aluminium oksida akan *direcycle* ke dalam Reaktor, sedangkan larutan aluminium sulfat diumpankan dalam *crystalizer* untuk proses pengkristalan yang dilakukan dengan cara pendinginan pada suhu 75°C. Keluaran dari *crystalizer* berupa kristal aluminium sulfat dan *mother liqour* selanjutnya dipisahkan dengan RDVF, dimana *mother liqour* akan *di-recycle* ke Reaktor dan kristal aluminium sulfat yang masih mengandung air perlu dikeringkan hingga kandungan air sesuai dengan spesifikasi pasar. Penghilangan kandungan air dilakukan menggunakan *Rotary Dryer* pada suhu 110°C. Produk kemudian disimpan di dalam silo untuk selanjutnya dikemas dan didistribusikan ke konsumen.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN

3.1 Sifat – sifat Bahan Baku

Bahan baku pembuatan aluminium sulfat terdiri dari:

3.1.1 Aluminium Oksida

Aluminium oksida merupakan padatan berpori yang dibuat dengan melakukan panas atau kalsinasi dari bahan alam yang banyak mengandung Al (aluminum). Proses pembentukan aluminium oksida biasa dilakukan menggunakan proses *bayer* dari bahan baku bauksit (Othmer, 2005).

Tabel 3.1 Komposisi Aluminium Oksida

Senyawa	Kandungan
Al_2O_3	99.64%
Fe_2O_3	0.01%
SiO_2	0.35%

Sumber: PT. Well Harvest Winning, 2023

Sifat – sifat fisis aluminium oksida:

- a. Rumus Molekul : Al_2O_3
- b. Fasa : Padatan
- c. Berat Molekul : 101,96 g/mol
- d. Titik Didih : 2980 °C
- e. Titik Leleh : 2040 °C
- f. Densitas : 3,965 g/cm³ (25°C) (Chemicalbook, 2023)

3.1.2 Asam Sulfat

Asam Sulfat (H_2SO_4) merupakan asam kuat berbentuk cairan kental yang tidak berwarna dan paling banyak diproduksi secara komersial dalam berbagai konsentrasi. Asam sulfat bersifat korosif dan dapat menyebabkan luka serta iritasi pada kulit, mata, saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Asam sulfat larut dalam air dengan reaksi eksotermik (Prevor, 2009). Asam sulfat digunakan pada berbagai macam bidang industri,

kebanyakan digunakan dalam proses produksi bahan kimia dasar, pupuk, plastik, obat-obatan, dan sebagai katalis (Othmer, 2005).

Tabel 3.2 Komposisi Asam Sulfat

Senyawa	Kandungan
H ₂ SO ₄	98%
Air	2%

Sumber: PT. Petrokimia Gresik, 2023

Sifat – sifat fisis asam sulfat:

- Rumus Molekul : H₂SO₄
- Berat Molekul : 98,079 g/mol
- Fasa : Cair
- Titik Leleh : 10,31°C
- Titik Didih : 337°C
- Densitas (20°C) : 1,8361 g/cm³ (98%) (Prevor, 2009)

3.2 Produk

3.2.1 Aluminium Sulfat

Senyawa ini lebih dikenal dengan nama tawas, yang terbentuk dari reaksi netralisasi asam dan basa menjadi garam dan air. Garam ini dipekatkan dari aluminium sulfat hidrat atau dikenal dengan nama tawas kue atau tawas paten menjadi tawas kering yang secara komersial berbentuk padat dengan konsentrasi Al₂O₃ ≥ 17% (Othmer, 2005). Komposisi murni tidak berwarna atau putih dan bersifat higroskopis.

Sifat – sifat fisis aluminium sulfat:

- Rumus Molekul : Al₂(SO₄)₃
- Fasa : Padat
- Berat Molekul : 342,15 g/mol
- Titik Leleh : 770°C
- Titik Didih : 759,71°C
- Densitas : 2,71 g/mL pada 25°C
- Kelarutan : 0,364 g/mL pada 20°C (Chemicalbook, 2023)

3.2.2 Air

Air merupakan senyawa anorganik dengan ikatan kovalen. Air banyak digunakan sebagai pelarut pada kebanyakan industri kimia, memiliki pH netral (6,8 - 7,3) dan berwujud cair ada temperatur ruang (25°C)

Sifat – sifat fisis air:

- a. Rumus Molekul : H_2O
- b. Fasa : Cair
- c. Berat Molekul : 18 g/mol
- d. Titik Didih : 100°C
- e. Titik Leleh : 0°C

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Aluminium Oksida dan Asam Sulfat dengan kapasitas 28.000 ton/tahun dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 32,16%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,575 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 33,40% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 14,39%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 39,86%, 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 simpulan bahwa Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Aluminium Oksida dan Asam Sulfat dengan kapasitas 28.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adillah, Aliah. 2022. *Menganalisis Pasar dan Perilaku Konsumen*. Makasar: UIN Alauddin.
- Alibaba.2023. Alibaba.com ‘ *Bahan Kimia*’. <https://indonesian.alibaba.com/p-detail/AI2O311000007189584.html?spm=a2700.8699010.29.17.3de8836a9ozg2m>
- Apriliana, Erianty Nur., Yupi, Haiki Mart., Jaya, Allan Restu. 2022. Perencanaan Kebutuhan Air Bersih dan Jaringan Pipa Induk di Wilayang Kerja IKK Ampah. *Jurnal Teknika*. Palangkaraya.Vol 5 No 2. 21-29
- Arief, A. I., Kusnayat, A. & Mufidah, I. 2021. *Perancangan Hopper dan Simulasi Aliran Bahan Baku pada Penampung Hammer Mill Di PT. XYZ dengan Metode Reserve Engineering*. [https://www.google.com/url?sa=t &source=web&rct=j&url=https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/16723/16431&ved=2ahUKEwix9i0w_r5AhW9zjgGHfZDSsQFnoECAoQAQ&usg=AOvVaw1EEcYa04VfUiBk7XS7q0Wn](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/16723/16431&ved=2ahUKEwix9i0w_r5AhW9zjgGHfZDSsQFnoECAoQAQ&usg=AOvVaw1EEcYa04VfUiBk7XS7q0Wn) Diakses pada 30 Agustus 2023
- Aries, Robert. & Newton, Robert. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York Mc Graw-Hill Chemical Engineering Series
- Badan Pusat Statistika. 2022. *Ekpor dan Impor*. <https://www.bps.go.id/exim> . Diakses 7 Maret 2023
- Bank Indonesia. 2023. *Data Inflasi*. <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>. Diakses 31 Oktober 2023
- Bird, T. 1987. *Kimia Fisik untuk Universitas*: Jakarta: PT Grademia
- BPS Gresik. 2022. *Kabupaten Gresik dalam Angka*. Gresik: BPS Kabupaten Gresik
- BPS. 2023. *Upah Minium Kabupaten/Kota di Jawa Timur*. <https://probolinggokab.bps.go.id/indicator/19/288/1/upah-minimum-kabupaten-kota-di-jawa-timur.html>. Diakses 31 Oktober 2023
- Brown, George Granger. 1978. *Unit Operation*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors

- Brownell, Lloyd & Young, Edwin. 1959. *Equitment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Cdmione. 2023. *Profil 5 Perusahaan Kertas di Indonesia*. <https://www.cdmione.com/profil-perusahaan-kertas-di-indonesia/>. Diakses pada 7 Maret 2023.
- Chemicalbook. 2023. *Index Product*. https://m.chemicalbook.com/ProductIndex_EN.aspx Diakses 14 Maret 2023
- Chemready. 2023. *What should I use for Alkalinity Adjustment in My Wastewater Treatment plant*. <https://www.getchemready.com/water-facts/what-should-i-use-for-alkalinity-adjustments-in-my-wastewater-treatment-plant/> Diakses 27 Oktober 2023
- Conveyor Solutions. 2023. *Screw Conveyor Engineering Guide, Bulk Material Handling Equitment*. <https://www.kwsmfg.com/engineering-guides/screw-conveyor/> diakses 28 Agustus 2023
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., & Sinnott, R. K. 2005. *Chemical Engineering Volume 6: Chemical Engineering Design (4 th ed.)*. Oxford: Butterworth Heineman
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Harker, J. H., & Backhurst, J. R. 2002. *Chemical Engineering Volume 2: Particle Technology & Separation Processes (5th ed.)*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Delfina. 2023. *Delfina Product*. <http://www.delfina.sg/products.htm>. Diakses 12 Maret 2023
- Dewi, Novika Dewi. 2022. *Evaluasi Ekonomi Pabrik* [Video]. Youtube. <https://youtu.be/HfvjgAl3Yx>
- Ditjen Cipta Karya. 2022. *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Proteksi Kebakaran*. Jakarta
- Drury-industries. 2023. *Aluminium Sulphate Production Facilities*. <http://www.drury-industries.com/company-profile/aluminum-sulphate-plant-2/>. Diakses 12 Maret 2023
- Eaton. 2023. *LED Lighting Design & Specification Guide*. USA: Power Business Worldwide.

- Eonchemicals. 2023. *Chemical untuk Cooling Tower dan Cara Menentukan dosisnya*. <https://www.eonchemicals.com/artikel/chemical-untuk-cooling-tower/> Diakses 28 Oktober 2023
- Eonchemicals. 2023. *Water Treatment Plant Pabrik Sawit*. <https://www.eonchemicals.com/artikel/water-treatment-plant-pabrik-kelapa-sawit/>. Diakses 27 Oktober 2023
- ESDM . 2012. *Perbandingan Calorific ValueBeragam Bahan Bakar Minyak yang dipasarkan di Indonesia Menggunakan Bomb Calorimic*. Geo-Resources. Vol 22.No 4. 217-223
- Etal, R Ruter. 1965. *Process for The Production of Aluminium Sulphate Melt*. (US3226188): United States Patent.
- Eworldtrade. 2023. *Sulfert Kimya Sanayi Ticaret Anonim Sirketi*. <https://www.eworldtrade.com/c/kimyasanayi/#:~:text=Apart%20from%20acting%20as%20a,monthly%20and%2048.000%20TONS%20annually.> Diakses 12 Maret 2023
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations Thrid Edition*. USA:Prentice-Hall International
- Herawati, Dheasy & Yuntarso, Anton. 2017. *Penentuan Dosis Kaporit sebagai Disinfektan Dalam Menyisihkan Konsentrasi Ammonium*. Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo. *Jurnal Sains Health*. Vol 1. No 2. 13-22.
- Himmelbau, David M. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Fifth Edition*. PTR Prentice Hall
- Imron, Mohamad. 2023. *Evaluasi Kuat Penerangan Buatan Dalam Ruang Kuliah*. Gorontalo: STITEK Bina Taruna Gorontalo. *Jurnal Peradaban Sains*. Vol 5.No. 2 187-208
- InfoBioTech Resources. 2023. *Product Catalog:Scale Inhibitor*. http://www.infobiotech.com.my/scale_inhibitor.html. Diakses 30 Oktober 2023
- Jinhetec. 2023. *All Products Henan Jinhe Industry*. <https://www.jinhetec.com/products.html>. Diakses 12 Maret 2023

- Katre, Shreya. & Nair Archana. 2020. Modelling The Effect of Gain Anistropy on Inter-granular Porosity. *Journal of Petroluem Exploration and Peoduction Technology*: Springer
- Kemenperin. 2016. *Dampak Hilirisasi Bauksit Terhadap Perekonomian Regional Provinsi Kalimantan Barat*. Jakarta:Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi ESDM
- Kemenperin. 2022. *Industri Pengolahan Nonmigas Tumbuh 3,67% Berkat Kebijakan Pemulihan Ekonomi*. <https://kemenperin.go.id/artikel/23122/Industri-Pengolahan-NonmigasTumbuh-3,67-Berkat-Kebijakan-Pemulihan-Ekonomi#:~:text=Industri%20Pengolahan%20Nonmigas%20Tumbuh%203%2C67%25%20Berkat%20Kebijakan%20Pemulihan%20Ekonomi,Senin%2C%207%20Februari&text=Industri%20pengolahan%20nonmigas%20mencatatkan%20pertumbuhan,karena%20dampak%20pandemi%20Covid%2D19> Diakses pada 12 Maret 2023
- Kementrian ESDM RI. 2020. *Peluang Investasi Bauksit Indonesia*:Jakarta:Kementrian ESDM.
- Kepdal.2000. *Pedoman Umum dan Pedoman Teknis Laboratorium Hidup*: Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Khoiri, Muftahul.2018. *Analisa Dampak Pembuangan Limbah Cair Industri Pengolahan Tepung Ikan Terhadap Kualitas Air Sungai dan Ekosistem Mangrove di Kalimireng Manyar Gresik*. Surabaya: Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
- Krik & Otmer. 2005. *Encyclopedia of Chemical Technology 4 edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kristianto, Luciana.2001. *Penelitian Terhadap Kuat Penerangan Hubungannya Dengan Angka Relektansi Warna Dinding*. Surabaya:Universitas Kristen Petra
- Lautanluas. 2010. *Annual Report "Embracing the Community"*. Jakarta: PT Lautan Luas Tbk

- Lenntech. 2023. *Molecular Weight Calculator*.
<https://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm>. Diakses 1 Juni 2023
- Lestari, Ajeng Yualianti Dwi.2020. *Analisis Ekonomi pada Industri Kimia* [Video]. Youtube.<https://youtu.be/jCW9fMxUzTo>. Diakses 31 Oktober 2023
- Made-in-china. 2023. *Company Profile Shandong Yili-Spring Chemical Industri*.
<https://kaiteda.en.made-in-china.com/company-Shandong-Yili-Spring-Chemical-Industry-Co-Ltd-.html>. Diakses 12 Maret 2023
- Matches.2014. *Matches 'Process Equipment Cost Estimates'* Diakses 31 Oktober 2023. <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>
- Material Safety Data Sheet.2009. *SWG Biocide:Albemarle*
- McCabe, W. L., Smith, J.C., & Harriott. (1993). *Unit Operation of Chemical Engineering (5 th ed.)*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Missen, R.W., Charles, A.M., and Bradley A. Saville., 1999, Introduction To Chemical Reaction Engineering and Kinetics., Toronto: Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry at the University of Toronto.
- Ningsih, Diah Paramita.2015. Studi Hidrokimia Air Tanah Dangkal di Wilayah Antara Sungai Kalianyar dan Sungai Kalimireng Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. *Jurnal Swara Bhumi* Vol 3 No 3.59-58
- Nipseagroup. 2023. *NIPSEA Group Directory*.
<https://nipsea.group/contactus/#indonesia>. Diakses 7 Maret 2023.
- Paperindex. 2023. *Pascorp Paper Industries Berhad*.
<https://www.paperindex.com/profile/pascorp-paper-industries-berhad/07080923/3540>. Diakses 7 Maret 2023
- Pdampintar.2023. *Cara Menghitung Kebutuhan Air Bersih*.
<https://pdampintar.id/blog/lainnya/ini-dia-cara-menghitung-kebutuhan-air-bersih/#:~:text=Bangunan%20rumah%20sederhana%20150%20liter,untuk%20peruntukan%20fungsi%20bangunan%20lainnya>. Diakses 27 Oktober 2023

- Pemkab Gresik. 2022. *Gambaran Umum Kondisi Daerah* : Gresik: RPJMD Kabupaten Gresik.
- Penguin.2021. *Daftar Harga Tank SNI Pengiun*.Jakarta: PT. Penguin Indonesia
- Perry & Green.2019. *Perry's Chemical Engineers Handbook 9th Edition*. New York: Mc Graw Hill
- Pertamina.2023. *Update harga BBM Industri HSFO Terbaru*.
<https://shasolo.com/update-harga-bbm-industri-hsfo-terbaru>. Diakses 31 Oktober 2023
- Pertamina.2023.*Spesifikasi Solar./Biosolar*. https://onesolution.pertamina.com/Product/Download?filename=20210806090426atc_Biosolar%20Spesifikasi.pdf Diakses 15 November 2023
- Petters, Max S & Timmerhaus, Klaus. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering fourt edition*. New York: McGraw-Hill
- Pgcareers. 2023. *About Us*. <https://www.pgcareers.com/global/en/about-us>. Diakses 12 Maret 2023.
- Powel, Shepprad. 1954. *Water Conditining For Industry*. First Edition. New York: Mc Graw-Hill Chemical Engineering Series
- Prevor. 2009. *Sulphuric Acid Management of Eye and Skin Chemical Splasehes* : Toxicology Laboratory & Chemical Risk Management
- Priaty, Mustika.2005. *Pemanfaatan Kembali Air Penyiram Tanaman*.Jakarta:Usakti
http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/0/SKR/judul/00000000000000024060/0 Diakses 27 Oktober 2023
- PT Criystal Anugerah Abadi. 2023. *CM-507-Biodispersant*:Jakarta
- PT Well Harvest Winning Alumina Refinery. 2023. <https://whwalumina.com/>. Diakses pada 7 Maret 2023.
- PT. Inalum Antam Alumina. 2023. <https://www.inalum.id/id>. Diakses pada 7 Maret 2023
- Purwati, Ani & Sumarni. 2021. *Dasar Dasar Perancangan Reaktor*. Yogyakarta:Akprind Press

- Qasim, S. R. 1999. *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation*. United States: CRC Press LLC
- Ramlan. 2019. *Hukum Perusahaan Jenis Jenis Perusahaan di Indonesia*. Medan: CV Pustaka Prima
- Rase, H. F. (1977). *Chemical Reactor Design for Process: Principles and Techniques*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Robie, Richard., & Hemibgway. 1995. *Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298,15 K and 1 Bar (10^5 Pascals) Pressure and at Higher Temperature*. Wanshington: United States Goverment Printing
- Safety Data Sheet. 2006. *Corrosion Inhibitor: Ambersil House* CRC Industries UK Limited
- Samlawi, A. K., & Siswanto R. 2016. *Material Teknik*. (Diktat Bahan Kuliah, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat 2016).
https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/Material_Teknik_full.pdf
- Schmidt, Boisen. 1981. *Method of Crystallizing Aluminium Sulphate Solutions to Form Dust Free Granules Having Uniform Grain Size* (US 4.276.052): US Application Data
- Severns & Defler, 1939. *Steam, Air and Gas Power*. New York: J Wiley & Sons Inc
- Shiandbunder. 2020. *Integr8: VLSFO Caloric Value, Pour Point and Competitiveness with LSMGO*.
<https://shipandbunker.com/news/world/662089-integr8-vlsfo-calorific-value-pour-point-and-competitiveness-with-lsmgo>. Diakses 31 Oktober 2023
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (6th ed.)*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc
- SNI 03-6197-2000. 2000. *Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan*: Badan Standardisasi Nasional
- SNI 7831:2012. 2012. *Perencanaan Ssitem Penyediaan Air Minum* : Badan Standardisasi Nasional

- Speight, James G. 2005. *Lange's Handbook of Chemistry Sixteen Edition*. New York: Mc Graw-Hill
- Spellman, F. R. 2009. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Inggris: Taylor & Francis
- Sudiana, Hanan.2019. Analisis Perbandingan Pemberian Konsentrasi Tawas Terhadap Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Pada Proses Pengolahan Air di IPAL RSUD 45 Kuningan. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. Universitas Islam Al-Ihya Kuningan. Vol 4. No.6.49-62
- Sulphuric-acid. 2023. Acid Plant Database. <http://www.sulphuric-acid.com/sulphuric-acid-on-the-web/acid%20plants/Melkasa%20Aluminum%20-%20Melkasa.htm>. Diakses 12 Maret 2023
- Syeraservices. 2023. Brunei's oil spill specialist. <http://syeraservices.com/>. Diakses 12 Maret 2023
- Technicalnote. 1997. *Dissolved Oxygen & Hydrazine Monitoring on Power Plant*:ABB Instrumentation
- Timur, Willi. 2019. Formulasi Sediaan Deodoran Dalam Bentuk Krim Menggunakan Aluminium Sulfat dan Minyak Kayu Cendana. *Ad-Dawaa'J.Pharm.Sci*. Vol 2. 6-15
- TKDN Kemenperin. 2023. *Daftar Inventaris Barang/Jasa Produksi Dalam Negeri*. <https://tkdn.kemenperin.go.id/>. Diakses 7 Maret 2023.
- Toya Arta Sejahtera.2023. *Fungsi Kaporit dalam Penjernihan Air bersih dan Kolam Renang*. <https://www.toyaartasejahtera.net/fungsi-kaporit-dalam-penjernihanair/#:~:text=Untuk%20membuat%20beberapa%20liter%20air,masih%20pada%20ambang%20batas%20wajar> Diakses 27 Oktober 2023
- Treybal, Robert.E, 1981. *Mass Transfer Operation*. New Delhi: McGraw Hill Book Company
- Ulmann F. 2005. *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. New York : John & Sons Inc.
- Ulrich, G.D, 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*. New York: John Wiley & Sons, Inc

- UU Nomor 5 Tahun 1999. 1999. *Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat*. Jakarta: Menteri Sekretaris Negara Republik Indonesia.
- UU RI Nomor 4 Tahun 2007. 2007. *Perseroan Terbatas*. Jakarta: Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia RI
- UU RI Nomor 8 Tahun 1997. 1997. *Undang Undang tentang Dokumen Perusahaan*. Jakarta: Menteri Negara Sekretaris Negara RI
- Uzun, Degler & Gulfern, Mustofa. 2007. Dissolution kinetic of iron and aluminium from red mud in sulphuric acid solution. *Indian Journal of Chemical Technology* Vol 14. 263-268
- Vietnamcredit. 2023. Top 5 Largest Paint & Coating Companies in Vietnam. https://vietnamcredit.com.vn/news/top-5-largest-paint-coating-companies-in-vietnam_14662. Diakses 12 Maret 2023.
- Walas, Stanley.1990. *Chemical Process Equitment Selection and Design*. USA: University of Kansas
- Waluyo, Minto. 2010. *Manajemen Perusahaan Industri*.Sidogarjo:Dian Samudra
- Wilson, William S., 1948. *Preparation of Aluminium Sulfate* (US2452024) : United States Patent.
- WITS. 2023. *Sulphates of Aluminium import and export*. <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2019/trade/eflow/Imports/partner/WLD/product/2833s22>. Diakses 12 Maret 2023
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Zoominfo. 2023. Top 10 *Pulp&Paper Manufacturing Companies in Thailand by Revenue*. <https://www.zoominfo.com/top-lists/top-10-companies-from-mfg-paper-industry-in-TH-by-revenue>. Diakses 12 Maret 2023.