

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)
DARI KAOLIN DAN ASAM SULFAT (H_2SO_4)
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
Perancangan *Crystalizer* (CR-301)
(Skripsi)**

Oleh

JONADRI MARPAUNG

2015041048



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI KAOLIN DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN (Perancangan Crystalizer (CR-301))

Oleh

JONADRI MARPAUNG

Prarancangan pabrik aluminium sulfat dari kaolin dan asam sulfat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun akan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur di atas tanah seluas 67.800 m². Aluminium Sulfat dalam industri kimia

digunakan sebagai koagulan, bahan tambahan dalam industri kertas, cat, dan bahan baku deodoran. Bahan baku berupa kaolin sebanyak 7.187,15 kg/jam diperoleh dari PT. Niraku Jaya Abadi dan Asam Sulfat sebanyak 4.199,961 kg/jam diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

Jumlah karyawan sebanyak 163 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff*. Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp 1.125.168.564.219
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 198.559.158.392
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 1.323.727.722.611
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 34%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 23%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) _a	= 2,04 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) _a	= 41 %
<i>Discounted cash flow</i>	= 52%

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

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ALUMINIUM SULFATE PLANT FROM KAOLIN AND SULFURIC ACID WITH CAPACITY 35,000 TON/YEAR (Design Crystalizer (CR-301))

By

JONADRI MARPAUNG

Manufacturing of an aluminum sulfate plant from kaolin and sulfuric acid with a capacity of 35,000 tonnes/year will be established in the Gresik Industrial Area, East Java on a land area of 67,800 m². Aluminum Sulfate in the chemical industry used as a coagulant, additive in the paper, paint and deodorant industries. The raw material in the form of kaolin amounting to 7.187,15 kg/hour was obtained from PT. Niraku Jaya Abdadi and Sulfuric Acid amounting to 4.199,961 kg/hour were obtained from PT. Petrokimia Gresik.

The number of employees is 163 people with the company form being a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure. From the economic analysis it is obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp 1.125.168.564.219
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp 198.559.158.392
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp 1.323.727.722.611
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 34%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 23%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)_a</i>	= 2,04 year
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)_a</i>	= 41 %
<i>Discounted cash flow</i>	= 52%

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

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)
DARI KAOLIN DAN ASAM SULFAT (H_2SO_4)
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
Perancangan *Crystalizer* (CR-301)**

Oleh

JONADRI MARPAUNG

(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**

2026

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT
($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) DARI KAOLIN DAN ASAM SULFAT (H_2SO_4)
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Crystalizer (CR-301))**

Nama Mahasiswa

: **Jonadri Marpaung**

No. Pokok Mahasiswa

: **2015041048**

Program Studi

: **Teknik Kimia**

Fakultas

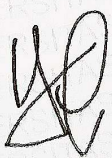
: **Teknik**



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

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

Ketua Jurusan Teknik Kimia


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

MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua : Panca Nugrahini Febriningrum, S.T., M.T.

.....

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

.....

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.

.....

Ir. Azhar, M.T.

.....

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Februari 2026

SURAT 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, 09 Februari 2026



Jonadri Marpaung

NPM. 2015041048

RIWAYAT HIDUP



Jonadri Marpaung, Penulis dilahirkan di Perdagangan, pada tanggal 24 Oktober 2002, sebagai anak ke- 1 dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Evendi August Pangihutan Marpaung dan Ibu Lusi Rosliani Hasibuan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar (SD)

Negeri 091619 Perdagangan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Bandar pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Satrya Budi 1 Perdagangan pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) 2020.

Pada tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktik di PT PETROKIMIA Gresik Unit Produksi 1 B (Amonia-Urea) dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja Katalis Platinum (Pt) pada alat *Dehydrogen Column* (U-DC151) *Urea Plant* Departemen Produksi 1 B”. Selanjutnya, pada tahun 2024 penulis melakukan penelitian dengan judul “Optimasi Kadar Air Terhadap Rendemen Minyak Atsiri Sereh Dapur (*Cymbopogon Citratus*) Dengan Metode *Hydro-steam Distillation*” yang dilakukan

di Laboratorium Energi Baru dan Terbarukan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung pada bulan Juni 2024-Juli 2024.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2021-2022 sebagai staf Departemen Media Informasi Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selanjutnya, pada periode 2022-2023 sebagai staf ahli Media Informasi Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Motto Dan Persembahan

*"Perjalanan sejati bukan soal peta yang mulus,
melainkan keberanian menghadapi laut yang tak pasti"*
-Herman Melville-

*"Bahenma dirimu songon laut naluas, manang songon
dia pe alualu naroh tungolumu, jalo ma dohot
haporseaon na gogo"*
-Poda ni Natuatua-

Sebuah Karya Kecilku...

Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

*Tuhan Yesus Kristus,
Sumber segala kehidupan dan pengharapan.
Atas kehendak-Mu langkah ini dimulai,
atas kasih karunia-Mu perjalanan ini dimampukan,
dan atas kekuatan-Mu aku bertahan hingga garis akhir.
Dalam setiap lelah, Engkau adalah penopang;
dalam setiap ragu, Engkau adalah terang.*

*Orang tuaku sebagai rumah pertama tempat kasih tak pernah
berkurang. Terima kasih atas doa yang tak pernah terputus,
atas air mata yang diam-diam jatuh dalam setiap doa,
atas pengorbanan yang tak pernah meminta balasan. Karya ini
hanyalah setitik embun di antara samudra cinta yang telah kalian
limpahkan.*

*Sahabat-Sahabatku, yang berjalan bersamaku di lorong-lorong waktu
selama menimba ilmu di Teknik Kimia Universitas Lampung. Terima
kasih atas tawa yang menguatkan, atas bahu yang menguatkan saat
beban terasa berat, atas cerita-cerita yang akan abadi dalam ingatan.
Semoga kelak, kita bertemu kembali dengan kisah sukses yang kita
rajut dari mimpi hari*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku bagai lentera ilmu dalam gelapnya
ketidaktahuan. Terima kasih atas setiap pengetahuan, nasihat, dan
keteladanan yang menjadi bekal dalam perjalanan hidupku.*

*Kepada Almamaterku tercinta,
Universitas Lampung
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Kuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dari Kaolin dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Kapasitas 35.000 Ton /Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (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. Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan penulis kesempatan untuk menjadi manusia yang lebih baik.
2. Keluargaku, yaitu Bapak, Mamak, Monika, Bunga , dan Jeremy terimakasih atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Terimakasih atas segala semangat dan dukungan yang diberikan selama ini baik secara moril maupun material yang tidak akan pernah terbalaskan oleh penulis.

3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
5. Ibu Panca Nugrahini Febriningrum, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
6. Ibu Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
7. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. sebagai Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Bapak Ir. Azhar, M.T. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku dosen penelitian yang banyak memberikan ilmu dan pencerahan mengenai teknik kimia, sehingga penulis termotivasi menjadi seorang *engineer*.
10. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik penulis.
11. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.

12. Untuk sahabat Walisongo (Ripjal, Nuh, Fatullah, Farel, Abu, Irfan, Rifqi, Rezza, dan Arif). Terimakasih telah menjadi tempat berbagi cerita, tawa dan pengalaman berharga di dunia perkuliahan ini. Kalian yang selalu memberikan dukungan serta dorongan kepada ku untuk mencapai sesuatu. Terimakasih atas kebersamaannya selama ini dan semoga persahabatan ini terus terjalin dengan baik.
13. Teman – teman seperjuangan angkatan 2020 Teknik Kimia. Terimakasih atas segala bantuan dan doa kalian semua. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.
14. Boru ni raja na ikkon gabe dongan. Takdir akan mempertemukan dan akan menjadi akhir dalam perjalanan yang panjang.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 09 Februari 2026
Penulis,

Jonadri Marpaung

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.4 Analisis Pasar.....	4
1.5 Kapasitas Perancangan	6
1.6 Lokasi Pabrik.....	10
II. DESKRIPSI PROSES	
2.1 Perancangan Proses	14
2.2 Tinjauan Termodinamika.....	15
2.3 Tinjauan Ekonomi	23
2.4 Pemilihan Proses.....	27
2.5 Uraian Proses	28
III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1 Spesifikasi Bahan Baku	30
3.2 Spesifikasi Produk	31
IV. NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	
4.1 Neraca Massa.....	34
4.2 Neraca Energi	36
V. SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Spesifikasi Alat Proses	39
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas	52
VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
6.1 Unit Penyediaan air	83
6.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	94
6.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	94

6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	94
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	94
6.6 Unit Pengolahan Limbah	95
6.7 Unit Laboratorium.....	95
6.8 <i>Industrial Control System</i> (ICS)	98
VII. TATA LETAK PABRIK	
7.1 Lokasi Pabrik	101
7.2 Tata Letak Pabrik.....	103
7.3 Tata Letak Peralatan Proses.....	107
VIII. MANAJEMEN PERUSAHAAN	
8.1 Bentuk Perusahaan.....	109
8.2 Stuktur Organisasi Perusahaan	111
8.3 Tugas Dan Wewenang.....	114
8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	119
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	120
8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	122
8.7 Kesejahteraan Karyawan	127
IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
9.1 Investasi	130
9.2 Evaluasi Ekonomi	133
9.3 Angsuran Pinjaman.....	137
X. SIMPULAN DAN SARAN	
10.1 Simpulan.....	138
10.2 Saran	138
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A P. NERACA MASSA	
LAMPIRAN B P. NERACA ENERGI	
LAMPIRAN C P. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	
LAMPIRAN D P. SPESIFIKASI PERALATAN UTILITAS	
LAMPIRAN E P. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Pabrik Kaolin di Indonesia	4
Tabel 1.2. Pabrik Asam Sulfat di Indonesia	4
Tabel 1.3. Perusahaan Konsumen Aluminium Sulfat di Indonesia.....	5
Tabel 1.4. Data Ekspor Aluminium Sulfat dari Indonesia (Ton)	7
Tabel 1.5. Data Impor Aluminium Sulfat dari Indonesia (Ton).....	7
Tabel 1.6. Kapasitas Produksi Aluminium Sulfat di Dunia	10
Tabel 2.1. Panas Pembentukan Komponen ΔH°_f 298 K	15
Tabel 2.2. Data Kapasitas Panas Komponen.....	16
Tabel 2.3. Energi Gibbs Komponen (ΔG°_f) 298 K.....	17
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk	23
Tabel 2.5. Data Berat Molekul Komponen.....	23
Tabel 2.6. Perbandingan Pemilihan Proses	27
Tabel 3.1. Komposisi Kaolin.....	30
Tabel 3.2. Komposisi Asam Sulfat.....	31
Tabel 4.1. Neraca Massa Dissolving Tank (DT – 101).....	34
Tabel 4.2. Neraca Massa Reaktor (RE – 201)	34
Tabel 4.3. Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-301)	35
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR – 301).....	35
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-301)	35
Tabel 4.6. Neraca Massa Rotary Drum Filter (RDF-301).....	36
Tabel 4.7. Neraca Energi Dissolving Tank (DT – 101)	36
Tabel 4.8. Neraca Energi Reaktor (RE – 201).....	37
Tabel 4.9. Neraca Energi Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF-301).....	37
Tabel 4.10. Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR – 301)	38
Tabel 4.11. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-301)	38
Tabel 4.12. Neraca Energi Rotary Drum Filter (RDF-301)	38
Tabel 5.1.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST – 101).....	39
Tabel 5.1.2. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 101).....	40
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Dissolution Tank</i> (DT-101).....	40

Tabel 5.1.4. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	41
Tabel 5.1.5. Spesifikasi Gudang Bahan Baku (GD-101)	42
Tabel 5.1.6. Spesifikasi Silo (S-101).....	42
Tabel 5.1.7. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC – 101).....	43
Tabel 5.1.8. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 101).....	43
Tabel 5.1.9. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 101)	44
Tabel 5.1.10. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	44
Tabel 5.1.11. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201)	45
Tabel 5.1.12. Spesifikasi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-301)	45
Tabel 5.1.13. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	46
Tabel 5.1.14. Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-301)	46
Tabel 5.1.15. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	47
Tabel 5.1.16. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	48
Tabel 5.1.17. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 303).....	48
Tabel 5.1.18. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 304).....	49
Tabel 5.1.19. Spesifikasi <i>Rotary Drum Filter</i> (RDF – 301).....	49
Tabel 5.1.20. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301)	50
Tabel 5.1.21. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	50
Tabel 5.1.22. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-301)	51
Tabel 5.1.23. Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk (GD – 301).....	52
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	52
Tabel 5.2.2. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	53
Tabel 5.2.3. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	53
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-401).....	54
Tabel 5.2.5. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	54
Tabel 5.2.6. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT – 402)	55
Tabel 5.2.7. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	55
Tabel 5.2.8. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT – 403).....	56
Tabel 5.2.9. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405).....	56
Tabel 5.2.10. Spesifikasi <i>clarifier</i> (CL – 401).....	57
Tabel 5.2.11. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	57
Tabel 5.2.12. Spesifikasi <i>Sand Filter Tank</i> (SF – 401)	58

Tabel 5.2.13. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407).....	59
Tabel 5.2.14. Spesifikasi <i>Filter Water Tank</i> (FWT – 401)	59
Tabel 5.2.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408).....	60
Tabel 5.2.16. Spesifikasi <i>Domestik water tank</i> (DWT – 401).....	60
Tabel 5.2.17. Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT – 401).....	61
Tabel 5.2.18. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409).....	62
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Hot basin</i> (HB – 401).....	62
Tabel 5.2.20. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410).....	63
Tabel 5.2.21. Spesifikasi <i>Storage Tank Biocide</i> (ST-401)	63
Tabel 5.2.22. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411).....	64
Tabel 5.2.23. Spesifikasi <i>Storage Tank Biodispersant</i> (ST – 402)	64
Tabel 5.2.24. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412).....	65
Tabel 5.2.25. Spesifikasi <i>Storage Tank Scale Inhibitor</i> (ST-403)	65
Tabel 5.2.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413).....	66
Tabel 5.2.27. Spesifikasi <i>Storage Tank Corossion Inhibitor</i> (ST – 403).....	66
Tabel 5.2.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414).....	67
Tabel 5.2.29. <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	67
Tabel 5.2.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415).....	68
Tabel 5.2.31. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401).....	68
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	69
Tabel 5.2.33 Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> H ₂ SO ₄ (DT – 404)	69
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417).....	70
Tabel 5.2.35. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401)	70
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 418).....	71
Tabel 5.2.37. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT – 405)	72
Tabel 5.2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 419).....	72
Tabel 5.2.39. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401)	73
Tabel 5.2.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 420).....	73
Tabel 5.2.41. Spesifikasi <i>Dimineral Water Tank</i> (ST – 405).....	74
Tabel 5.2.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 421).....	74
Tabel 5.2.43. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST – 406).....	75
Tabel 5.2.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 422).....	75

Tabel 5.2.45. Spesifikasi <i>Dearator</i> (DA – 401)	76
Tabel 5.2.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 423).....	77
Tabel 5.2.47. Spesifikasi Boiler (BO – 401)	77
Tabel 5.2.48. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (SB – 401).....	78
Tabel 5.2.49. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST – 407).....	78
Tabel 5.2.50. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 501).....	79
Tabel 5.2.51. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC – 501)	79
Tabel 5.2.52. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 502).....	79
Tabel 5.2.53. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 501)	80
Tabel 5.2.54. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 503).....	80
Tabel 5.2.55. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 504).....	80
Tabel 5.2.56. Spesifikasi <i>Air Compresor</i> (AC – 501)	81
Tabel 5.2.57. Spesifikasi <i>Generator</i> (GS – 601).....	81
Tabel 5.2.58. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Limbah Cair (ST – 701)	81
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum	84
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Proses.....	84
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin	85
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	88
Tabel 6.5. Alat Ukur Variabel Utama Proses	99
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Aluminium Sulfat	106
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu.....	122
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	122
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	124
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	124
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	125
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	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.3. Lokasi Pabrik	11
Gambar 6.1. Diagram <i>Cooling Water System</i>	93
Gambar 7.1. Lokasi Pendirian Pabrik Aluminium Sulfat	103
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	106
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	108
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Pabrik Aluminium Sulfat	113
Gambar 9.1. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	133
Gambar 9.2. <i>Maximum Acceptable Payout Time</i>	134
Gambar 9.3. Grafik Analisis Ekonomi	135
Gambar 9.4. Kurva <i>cumulative cash flow</i> terhadap umur pabrik	136

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di sebuah negara harus semakin dikembangkan seiring dengan kemajuan zaman, salah satunya adalah pembangunan di bidang industri, terutama industri kimia. Pengembangan industri kimia sangat penting dikarenakan dapat mengurangi pengeluaran devisa negara untuk mengimpor bahan-bahan yang dibutuhkan oleh penduduk Indonesia. Dengan adanya pengembangan di dunia industri kimia, diharapkan Indonesia dapat menjadi negara yang mandiri karena tidak lagi bergantung pada industri-industri diluar negeri. Adanya pembangunan industri memberikan tantangan tersendiri untuk memaksimalkan potensi sumber daya alam dan komoditas di Indonesia agar mampu menghasilkan produk yang bermanfaat.

Salah satu industri yang perlu dan telah dikembangkan di Indonesia adalah industri aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Aluminium sulfat merupakan istilah umum untuk senyawa kimia bernama aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) adalah senyawa kimia anorganik berbentuk padat, bubuk, atau bongkahan yang larut dalam air. Aluminium sulfat diperoleh melalui reaksi antara asam sulfat (H_2SO_4) dan kaolin. Kaolin merupakan salah satu jenis tanah liat yang bersifat menyerap air, yang merupakan hasil pelapukan dan diskomposisi batuan beku dan batuan metamorf yang kompleks akan aluminium silika. Kaolin merupakan lempung yang berkualitas tinggi, warna putih keabu-abuan dan ditemukan sebagai endapan sedimenter. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi pertambangan kaolin di Indonesia menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dari tahun 2021 hingga 2023. Volume produksi kaolin mencapai 603.093 ton pada tahun 2021, meningkat menjadi 609.127 ton di tahun 2022, dan terus bertumbuh hingga 619.084 ton di tahun 2023. Peningkatan produksi yang stabil ini membuktikan bahwa Indonesia memiliki

ketersediaan bahan baku kaolin yang melimpah, menjadikannya sangat potensial untuk pengembangan industri aluminium sulfat secara berkelanjutan.

Bahan baku lain yang digunakan dalam pembuatan aluminium sulfat adalah asam sulfat. Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan senyawa kimia anorganik yang termasuk dalam golongan asam mineral kuat dengan karakteristik unik dan peran penting dalam berbagai industri. Cairan ini berwujud tidak berwarna atau sedikit kekuningan, memiliki sifat kental, dan sangat reaktif dengan kemampuan menarik air dari udara sekitarnya. Dalam proses produksinya, asam sulfat dihasilkan melalui metode kontak atau proses pembakaran belerang, dengan tingkat kemurnian dan kualitas yang sangat diperhatikan. Kegunaan utamanya meliputi pembuatan pupuk, pengolahan logam, produksi baterai, industri tekstil, dan berbagai aplikasi kimia lainnya.

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 (2024), data ekspor dan impor aluminium sulfat dalam kurun waktu lima tahun terakhir dari tahun 2019 - 2023 mengalami peningkatan pada bagian ekspor dan impor produk yang pada tahun 2023 dengan besar nilai ekspor 1.340 ton serta nilai impor produk sebesar 2.614 ton. Hal ini menunjukkan bahwa pasar aluminium sulfat bukan hanya di dalam negeri melainkan juga di luar negeri.

Melihat potensi pasar dan ketersediaan kaolin 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 kaolin. Pabrik aluminium sulfat diperkirakan akan berdiri dengan kapasitas 35.000 ton/tahun sehingga secara kasar diperkirakan membutuhkan asam sulfat sebesar 26.300 ton/tahun dan kaolin sebesar 22.100 ton/tahun. Pada kaolin terdapat

kandungan 60% yang terdiri dari SiO_2 , H_2O , Fe dan 40% Al_2O_3 yang akan digunakan dalam reaksi pembuatan Aluminium Sulfat. Dibutuhkan sebanyak 8.700 ton/tahun untuk tahap reaksi maka Kaolin yang dibutuhkan sebanyak 22.100 ton/tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, terdapat beberapa pabrik yang memproduksi kaolin dapat dilihat pada Tabel 1.1. Sedangkan pabrik yang memproduksi asam sulfat dapat dilihat dari Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Pabrik Kaolin di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1.	PT. Niraku Jaya Abadi	250.000	Jawa Timur
2.	PT. Nippindo Kaolin Abadi	100.000	Jawa Barat
3.	PT Aneka Kaolin Utama	31.000	Belitung
4.	PT Kaolin Dua Satu	26.000	Belitung
5.	PT Kaolin Sakti Perkasa	100.000	Belitung

Sumber: TKDN Kemenperin, 2024

Tabel 1.2 Pabrik Asam Sulfat di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1.	PT. Petrokimia Gresik	600.000	Gresik, Jawa Timur
2.	PT. Petro Jordan Abadi	530.000	Gresik, Jawa Timur
3.	PT. Liku Telaga	325.000	Gresik, Jawa Timur
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, 2024

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. Adapun beberapa perusahaan di Indonesia yang membutuhkan aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perusahaan Konsumen Aluminium Sulfat di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Produk	Lokasi	Kapasitas
1	PT. Riau Andalan Pulp & Paper ^(a)	Kertas	Jawa Timur	6.400.000
2	PT. Indah Kiat Pulp & Paper ^(a)	Kertas	Jawa Timur	2.500.000
3	PT. OKI Pulp & Paper ^(a)	Kertas	Jawa Timur	850.000
4	PT. Lontar Papyrus Pulp & Paper ^(a)	Kertas	Jawa Timur	2.700.000
5	PT. Unilever Indonesia Tbk ^(b)	Deodoran	Jawa Timur	5.400.000
6	Nipsea Paint and Chemical Co. ltd ^(c)	Cat	Jawa Timur	950.000
7	PT. Asian Paints Indonesia	Cat	Jawa Timur	3.400.000
8	PT. Jotun Indonesia	Cat	Jawa Timur	4.360.000
TOTAL				26.560.000

Sumber : ^(a) APKI, 2024

^(b) Unilever, 2024

^(c) Nipsea.group, 2024

^(d) Asian.paints, 2024

^(e) Jotun, 2024

Dalam perencanaan pembangunan pabrik aluminium sulfat di Indonesia ini, digunakan pendekatan 5-10% dari total produksi perusahaan konsumen aluminium sulfat di Indonesia. Berdasarkan perspektif tersebut dengan adanya ketidakpastian data penggunaan aluminium sulfat di setiap perusahaan konsumen, maka digunakan rentang persentasi yang realistis.

1.5 Kapasitas Perancangan

Minat pasar Indonesia terhadap produk aluminium sulfat sangat besar, sehingga terus dilakukan impor produk setiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat.

Penentuan kapasitas produksi dihitung dari data pendukung yang meliputi pertumbuhan produksi, konsumsi, ekspor dan impor suatu produk. Penentuan kapasitas produksi dilakukan untuk menghitung tingkatan setiap tahun dan dirata – rata pertumbuhannya dengan menggunakan 4 tahapan perhitungan yaitu :

1. Pertumbuhan rata-rata setiap tahun

Persamaan yang digunakan dalam menghitung pertumbuhan rata – rata yaitu:

$$i = \frac{\sum \%P}{n} \quad (1)$$

dimana :

i : Pertumbuhan rata-rata per tahun

%P : Persen pertumbuhan per tahun

n : Jumlah data %P

Data yang digunakan dalam perhitungan kapasitas produksi adalah data ekspor impor dari produk aluminium sulfat.

Tabel 1.6 Perhitungan Data Ekspor Aluminium Sulfat dari Indonesia (Ton)

Tahun	Ekspor Ton/Tahun	%P
2019	1.250	0,00%
2020	1.265	0,15%
2021	1.290	0,25%
2022	1.315	0,25%
2023	1.340	0,25%
Σ %P		0,90%
i		0,18%

Pada perhitungan nilai i sesuai dengan persamaan (1), sehingga nilai i yang diperoleh yaitu 0,18 %. Selanjutnya data impor dari produksi sabun cair yang dijabarkan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.7 Perhitungan Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia (Ton)

Tahun	Impor Ton/Tahun	%P
2019	116	0,00%
2020	980	8,64%
2021	1.496	5,16%
2022	1.820	3,24%
2023	2.614	7,94%
Σ %P		24,98%
i		4,996%

Pada data impor perhitungan nilai i sesuai dengan persamaan (1), sehingga nilai i yang diperoleh yaitu 4,996 %.

2. Prediksi data konsumsi, produksi, impor dan ekspor

Metode perhitungan yang digunakan adalah perhitungan pertumbuhan rata – rata per-tahun untuk menentukan kapasitas produksi. Persamaan yang digunakan pada metode perhitungan ini sebagai berikut.

mtahun yang dicari = mtahun terakhir data x (1 + i)^a

$$m_{\text{tahun yang dicari}} = m_{\text{tahun terakhir data}} \times (1 + i)^a \quad (2)$$

Dimana :

a : Selisih tahun

m : Peluang kapasitas

i : Pertumbuhan rata-rata per tahun

Perhitungan menentukan m_{ekspor} 2024 sesuai dengan persamaan (2) yaitu:

$$m_{ekspor} 2030 = 1.340 \times (1 + 0,18 \%)^{(2023-2019)}$$

$$m_{ekspor} 2030 = 4.269 \text{ ton/tahun}$$

Perhitungan menentukan m_{impor} 2024 sesuai dengan persamaan (2) yaitu:

$$m_{impor} 2030 = 1.820 \times (1 + 4.996 \%)^{(2023-2019)}$$

$$m_{impor} 2030 = 2.352.436 \text{ ton/tahun}$$

3. Peluang kapasitas produksi Persamaan yang digunakan dalam menghitung peluang kapasitas produksi sebagai berikut.

$$m_{2030} \times m_{produksi 2030} + m_{impor 2030} = m_{konsumsi 2030} + m_{ekspor 2030}$$

$$m_{2030} = (m_{konsumsi 2030} + m_{ekspor 2030}) - (m_{produksi 2030} + m_{impor 2030}) \quad (3)$$

Dimana :

m : Peluang kapasitas

mp : Prediksi data produksi

mk : Prediksi data konsumsi

me : Prediksi data ekspor

mi : Prediksi data impor

$$m_{2030} = (2.656.000 + 4.269) - (190.400 + 2.352.436)$$

$$m_{2030} = 117.432$$

4. Kapasitas produksi

Jika sudah ada pabrik yang serupa didalam negeri maka kapasitas produksi dikalikan dengan 0,6 maka:

$$\text{Kapasitas produksi} = 0,6 \times m2030 \quad (4)$$

Jika belum ada pabrik yang serupa didalam negeri maka kapasitas produksi dikalikan 1,5 maka:

$$\text{Kapasitas produksi} = 1,5 \times m2030 \quad (5)$$

Karena adanya pabrik aluminium sulfat di Indonesia maka persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas produksi adalah persamaan (4).

$$\text{Kapasitas produksi} = 0,6 \times 117.432 \text{ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas produksi} = 70.459 \text{ ton/tahun}$$

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. Setelah dilakukan perhitungan hasil yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya adalah 70.459 ton/tahun, akan tetapi dikarenakan terdapat peraturan tersebut, maka kapasitas produksi diasumsikan aluminium sulfat menjadi 35.230 ton/tahun, atau dibulatkan menjadi 35.000 ton/tahun.

Pembangunan pabrik aluminium sulfat dengan kapasitas 35.000 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 1.8.

Tabel 1.8 Kapasitas Produksi Aluminium Sulfat di Indonesia

Nama Pabrik	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Indonesian Acids Industry	Indonesia	16.000 ^(a)

Nama Pabrik	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Mahkota Indonesia	Indonesia	45.000 ^(b)
PT. Liku Telaga	Indonesia	35.000 ^(a)
PT. Dunia Kimia Utama	Indonesia	30.000 ^(b)
PT. Tawas Sembada Murni	Indonesia	20.000 ^(c)
PT. Acid Ariaguna	Indonesia	15.000 ^(d)
PT. Timuraya Tunggal	Indonesia	18.000 ^(e)
PT. Nebraska Utama	Indonesia	5.400 ^(f)
PT. Madu Lingga Perkasa	Indonesia	6.000 ^(g)
Sumber : ^(a) TKDN Kemenperin, 2024		^(e) Sulphuric-acid, 2024
^(b) Lautan Luas, 2010		^(f) eworldtrade, 2024
^(c) Made-in-china, 2024		^(g) jinhete, 2024
^(d) drury-industries, 2024		

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 kaolin dan asam sulfat. Bahan baku asam sulfat terdapat di beberapa Lokasi yaitu Jawa Timur, dan Jakarta Timur. Melihat ketersediaan hasil produksi Asam sulfat pada PT. Petrokimia Gresik dinilai cukup untuk memenuhi

kebutuhan bahan baku pembuatan aluminium sulfat, maka Asam sulfat nantinya akan diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi sebesar 600.000 ton/tahun yang berada di Gresik, Jawa Timur. Sedangkan kaolin terdapat di beberapa Lokasi yaitu Jawa Barat, Jawa Timur, dan Belitung. Melihat ketersediaan hasil produksi Kaolin pada PT. Niraku Jaya Abadi dinilai cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pembuatan aluminium sulfat, maka Asam sulfat, maka bahan baku Kaolin diperoleh PT. Niraku Jaya Abadi dengan kapasitas 250.000 ton/tahun yang berada di Jawa Timur. Melihat ketersediaan bahan baku pabrik dapat didirikan di 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 Indonesia yang menjadi konsumen utama dan tersebar di Pulau Jawa, Kalimantan, Sumatera, dan wilayah Indonesia lainnya. Oleh karena itu, 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 (Pekab Gresik, 2024) 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, 2024).

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 (Pemkab Gresik, 2024). Selain itu Kawasan Gresik memiliki internasional pelabuhan yaitu Tanjung Perak yang dapat digunakan untuk mendistribusikan produk ke luar negeri. Sedangkan untuk transportasi darat cukup dekat dengan Gerbang Tol Manyar yang berjarak 6,2 km yang dapat ditempuh melalui jalan Deandless.

5. Tenaga kerja

Menurut data Gresik yang dikeluarkan BPS pada tahun 2021, Kabupaten Gresik memiliki jumlah penduduk angkatan kerja sebanyak 438.358 laki-laki dan 724.046 perempuan. Sebanyak 34.837 laki-laki dan 23.075 perempuan merupakan pengangguran. Dengan besarnya angka pengangguran daerah Gresik, pendirian pabrik aluminium sulfat mampu membuka lapangan kerja baru sehingga angka pengangguran menurun. Tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil dari penduduk sekitar, sedangkan untuk tenaga ahli dapat didatangkan dari kota lain.

BAB II

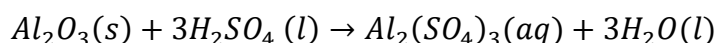
DESKRIPSI PROSES

2.1 Perancangan Proses

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

2.1.1 Proses Kaolin

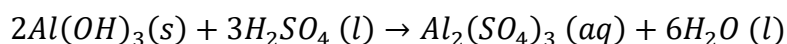
Proses pembuatan aluminium sulfat dimulai dengan memasukan $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ dengan asam sulfat dan mereaksikan dalam reaktor. Tahap awal Kaolin dari gudang penyimpanan akan di perkecil ukurannya menggunakan *Hammer Mill* kemudian Kaolin dimasukkan kedalam reaktor. Bahan baku Asam Sulfat di encerkan menggunakan *Dissolution Tank* hingga menjadi 1,5 N yang akan diumpankan bersama Kaolin ke dalam Reaktor. Reaksi yang terjadi pada reaktor sebagai berikut:



Reaksi berlangsung dalam reaktor yang dijaga suhunya $85^\circ C$ tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 90%. Keluaran dari reaktor selanjutnya diumpankan ke dalam Filtrasi untuk dipisahkan dari SiO_2 . Keluaran Filtrasi dimasukkan ke dalam *Crystallizer* untuk pembentukan kristal aluminium sulfat. Massa padat kristal yang diperoleh dari *Crystallizer* kemudian dimasukkan ke dalam *Centrifuge* untuk memisahkan *mother liquor* yang masih tersisa pada *Crystallizer* kemudian dilakukan pencucian aluminium sulfat (US 3.216.792).

2.1.2 Proses Aluminium Hidroksida

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



Reaksi dalam reaktor berjalan pada suhu 170oC dan tekanan 5 atm dengan konversi sebesar 78% (US 3.226.188). 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 a 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 ₂ O ₃	-8,121	3,87E-01	-3,16E-04	0
H ₂ SO ₄	26,004	0,70337	-0,00139	1,03E-06
Al(SO ₄) ₃	108,779	0,58215	-0,00029	0
H ₂ O	92,053	-0,039953	-0,00021	5,35E-07
Al(OH) ₃ ^(a)	91,7	0	0	0

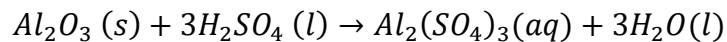
Sumber : Yaws, 1999; dengan $C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$

dimana T = suhu (K)

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

dimana T = suhu (K)

a. Proses Kaolin



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

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

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

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

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

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

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

Berdasarkan data pada Tabel 2.2 dapat diperoleh nilai koefisien panas pada setiap komponen pada suhu reaksi 172oC sebagai berikut:

$$Al_2O_3 = (-8,121) + 0,386887(445) + (-0,00032)(445)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 100,726 \text{ J/mol K} \\
 \text{H}_2\text{SO}_4 &= 26,004 + 0,70337(445) + -0,00139(445)^2 + \\
 &\quad 1,0342 \cdot 10^{-6}(445)^3 \\
 &= 154,8837 \text{ J/mol K} \\
 \text{Al}(\text{SO}_4)_3 &= 108,779 + 0,58215(445) + -0,00029(445)^2 \\
 &= 310,4085 \text{ J/mol K} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 92,053 + -0,039953(445) + -0,00021(445)^2 + \\
 &\quad 5,35 \cdot 10^{-7}(445)^3 \\
 &= 79,8061 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

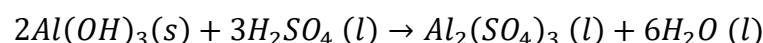
Sehingga ΔC_p dapat diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= \sum_i v_i C_{p_i} && (\text{Smith, 2001}) \\
 &= (v_{Cp_{Al_2O_3}} C_{p_{Al_2O_3}}) + (v_{H_2SO_4} C_{p_{H_2SO_4}}) + (v_{Al(SO_4)_3} C_{p_{Al(SO_4)_3}}) + \\
 &\quad (v_{H_2O} C_{p_{H_2O}}) \\
 &= (-1 \times 100,726) + (-3 \times 154,8837) + (1 \times 310,4085) + \\
 &\quad (3 \times 79,8061) \\
 &= -15,5503 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T_0) && (\text{Smith, 2001}) \\
 &= -529.790 \text{ J/mol} + -15,5503 \text{ J/mol K} (445 \text{ K} - 298 \text{ K}) \\
 &= -532.075 \text{ J/mol} \\
 &= -532,075 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada proses kaolin, dalam menghasilkan aluminium sulfat dari kaolin dan asam sulfat menghasilkan ΔH sebesar -532,075 kJ/mol. Nilai ΔH yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara eksotermis.

b. Proses Aluminium Hidroksida



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

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

$$\Delta H^\circ = ((v \cdot \Delta H_f^\circ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) + (v \cdot \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O})) - ((v \cdot \Delta H_f^\circ \text{Al}(\text{OH})_3) + (v \cdot \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4))$$

$$\Delta H^\circ = ((-3790) + (6 \times -285,83)) - ((2 \times -1293,1) + (3 \times -814))$$

$$\Delta H^\circ = (-5504,98) - (-5028,2)$$

$$\Delta H^\circ = -476,780 \text{ kJ/mol}$$

$$= -476.780 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan data pada tabel 2.2 dapat diperoleh nilai koefisien panas pada setiap komponen pada suhu reaksi 170oC:

$$\text{Al}(\text{OH})_3 = 91,7$$

$$= 91,7 \text{ J/mol K}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 26,004 + 0,70337(443) + -0,00139(443)^2 + 1,0342 \cdot 10^{-6}(443)^3$$

$$= 174,3472 \text{ J/mol K}$$

$$\text{Al}(\text{SO}_4)_3 = 108,779 + 0,58215(443) + -0,00029(443)^2$$

$$= 309,7592 \text{ J/mol K}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 92,053 + -0,03953(443) + -0,00021(443)^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7}(443)^3$$

$$= 79,8139 \text{ J/mol K}$$

Sehingga ΔC_p dapat diperoleh:

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

$$(v_{Cp_{\text{Al}(\text{OH})_3}} Cp_{\text{Al}(\text{OH})_3}) + (v_{\text{H}_2\text{SO}_4} Cp_{\text{H}_2\text{SO}_4}) + (v_{\text{Al}(\text{SO}_4)_3} Cp_{\text{Al}(\text{SO}_4)_3}) + (v_{\text{H}_2\text{O}} Cp_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$= (-2 \times 91,7) + (-3 \times -175,2108) + (1 \times 310,3107) +$$

$$(6 \times 79,424433)$$

$$= 82,2011 \text{ J/mol K}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T_0) && (\text{Smith, 2001}) \\
 &= -476.780 \text{ J/mol} + 77,8250 \text{ J/mol K} (443 \text{ K} - 298 \text{ K}) \\
 &= -466.507 \text{ J/mol} \\
 &= -466,507 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada proses aluminium hidroksida, dalam menghasilkan aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat menghasilkan ΔH sebesar -466,507 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:

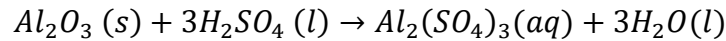
Tabel 2.3 Energi Gibbs Komponen (ΔG°_f) 298 K

Komponen	ΔG°_f 298 K (kJ/mol)
$\text{Al}_2\text{O}_3^{\text{a)}$	-1582,3
$\text{H}_2\text{SO}_4^{\text{a)}$	-689,9
$\text{Al}(\text{SO}_4)_3^{\text{a)}$	-3207
$\text{H}_2\text{O}^{\text{a)}$	-237,14
$\text{Al}(\text{OH})_3^{\text{b)}$	-1154,9

Sumber: a) Speight, 2005

c) Robie, 1995

a. Proses Kaolin



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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} K_1 &= e^{-\Delta G^\circ / RT} \\ &= e^{\frac{-266.42 \text{ J/mol}}{(8.314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}} \\ &= 1,113527 \end{aligned}$$

Maka konstanta pada keadaan reaksi pada suhu 85°C dapat diperoleh:

$$\ln \frac{K}{K'} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\ln \frac{1,113527}{K_2} = \frac{-529.79 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{445 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{1,113527}{K_2} = 0,07063$$

$$\frac{1,113527}{K_2} = e^{0,07063}$$

$$\frac{1,113527}{K_2} = 1,073192$$

$$K_2 = \frac{1,113527}{1,073192}$$

$$K_2 = 1,037584$$

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

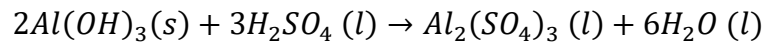
$$\Delta G = -266.42 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(445\text{K}) \ln (1,037584))$$

$$\Delta G = -129,917 \text{ J/mol}$$

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

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

b. Proses aluminium hidroksida



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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} K_1 &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\ &= e^{\frac{-(-\frac{250.34 \text{ J}}{\text{mol}})}{(8.314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}} \\ &= 1,106323 \end{aligned}$$

Sedangkan konstanta pada keadaan reaksi pada suhu 170°C dapat diperoleh:

$$\ln \frac{K}{K'} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) \quad (\text{Smith, 2001})$$

$$\ln \frac{1,106323}{K_2} = \frac{-476.780 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{443 \text{ K}} - \frac{1}{289 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{1,106323}{K_2} = 0,069562$$

$$\frac{1,106323}{K_2} = e^{0,069562}$$

$$\frac{1,106323}{K_2} = 1,072038$$

$$K_2 = \frac{1,106323}{1,072038}$$

$$K_2 = 1,031980$$

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

$$\Delta G = -250,34 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(443 \text{ K}) \ln (1,031980))$$

$$\Delta G = -134.395 \text{ J/mol}$$

$$= -134,395 \text{ kJ/mol}$$

Pada proses pembuatan aluminium sulfat dengan proses aluminium hidroksida menghasilkan ΔG sebesar -134,395 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)

v = 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
Kaolin	1.200
Al(OH) ₃	13.632
Al ₂ (SO ₄) ₃	38.679

Sumber : Alibaba, 2024

(Per tanggal 22 Oktober 2024, Kurs USD 1=Rp15.147,00)

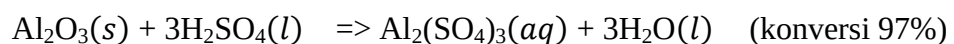
Berikut adalah berat molekul tiap komponen:

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 Kaolin

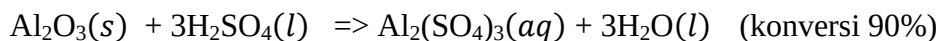
Reaksi:



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



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 90%, maka jumlah reaktan mula-mula:

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

$$\text{mol reaktan mula - mula} = \frac{\text{jumlah reaktan yang bereaksi}}{0,90}$$

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

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:

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

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

Namun karena bahan baku kaolin sisa konversi akan digunakan kembali sehingga massa kaolin yang ditambahkan hanya yang terkonsumsi selama reaksi, sehingga

$$\begin{aligned} m \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ bereaksi} &= n \text{ Al}_2\text{O}_3 \times \text{BM Al}_2\text{O}_3 \\ &= 2,924 \text{ mol} \times 102 \text{ gram/mol} \\ &= 298,248 \text{ gram} = 0,298 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena pada kaolin kandungan Al_2O_3 yang digunakan dalam reaksi sebanyak 40% maka :

$$m \text{ Kaolin mula mula} = \frac{0,298 \text{ kg}}{40\%} = 0,75443 \text{ kg}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Al}_2\text{O}_3 &= \text{Rp}1.200/\text{kg} \times 0,75443 \text{ kg} = \text{Rp}905,316 \\
 \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{Rp}3.894/\text{kg} \times 0,86 \text{ kg} = \text{Rp}3.347,00
 \end{aligned}$$

Selisih harga produk – harga bahan baku:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp}38.679 - (\text{Rp}905,316,00 + \text{Rp}3.347,00) \\
 &= \text{Rp}34.426,684
 \end{aligned}$$

Maka dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= 34.426,684/\text{kg} \times 35.000.000\text{kg} \\
 &= \text{Rp}1.204.933.940.000,00/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

2.1.3.2 Proses aluminium hidroksida

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



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 78%, 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:

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

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

Namun karena bahan baku sisa konversi akan digunakan kembali sehingga massa bahan baku yang ditambahkan hanya yang terkonsumsi selama reaksi, sehingga

$$\begin{aligned} m \text{ Al}(\text{OH})_3 \text{ bereaksi} &= n \text{ Al}(\text{OH})_3 \times \text{BM Al}(\text{OH})_3 \\ &= 5,848 \text{ mol} \times 78 \text{ gram/mol} \\ &= 456,144 \text{ gram} = 0,456 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

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

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

$$\text{Al(OH)}_3 = \text{Rp}13.632/\text{kg} \times 0,456 \text{ kg} = \text{Rp}6.216,00$$

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

Selisih harga produk – harga bahan baku:

$$= \text{Rp}38.679,00 - (\text{Rp}6.216,00 + \text{Rp}3.347,00)$$

$$= \text{Rp}29.166,00$$

Maka dengan kapasitas produksi 35.000 ton/tahun didapatkan:

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp}29.166/\text{kg} \times 35.000.000 \text{ kg}$$

$$= \text{Rp}1.020.810.000.000,00/\text{tahun}$$

2.4 Pemilihan Proses

Tabel 2.6 Perbandingan Pemilihan Proses

Parameter	Proses kaolin	Proses aluminium hidroksida
Bahan Baku	Kaolin dan Asam Sulfat	Aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat
Temperatur (°C)	85	170
Tekanan (atm)	1	5
Konversi (%)	90	78
ΔH^0 (kJ/mol)	-529,79	-476,781
ΔG^0 (kJ/mol)	-126,917	-110,181
Keuntungan (Rp/tahun)	Rp1.204.933.940.000,00	Rp1.020.810.000.000,00

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

1. Bahan baku

Pada proses kaolin digunakan kaolin yang merupakan komoditas cukup besar di Indonesia. Sedangkan ketersediaan aluminium hidroksida cukup kecil di Indonesia dilihat dari data impor tahun 2022 hingga 65.000 ton (BPS, 2024).

2. Keuntungan

Keuntungan pertahun proses kaolin jauh lebih besar dari pada proses aluminium hidroksida. Dikarenakan harga kaolin lebih murah dibanding aluminium hidroksida. Serta penggunaan bahan baku aluminium hidroksida lebih banyak dibanding kaolin dalam pembentukan produk pada massa tertentu. Sehingga proses kaolin lebih ekonomis dan menguntungkan.

3. Kondisi Operasi

Ditinjau dari kondisi operasi meliputi suhu dan tekanan, proses kaolin lebih rendah dibandingkan dengan proses aluminium hidroksida.

4. Konversi

Konversi pada proses kaolin lebih besar dibandingkan dengan proses aluminium hidroksida. Sehingga beban *recycle* proses kaolin lebih rendah daripada proses aluminium hidroksida.

5. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan Termodinamika meliputi panas reaksi dan energi gibbs pada proses kaolin reaksi berjalan eksotermis dan reaksi spontan dibandingkan dengan proses aluminium hidroksida 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 di tangki penyimpanan sedangkan bahan baku Kaolin dalam bentuk padatan disimpan pada Gudang penyimpanan. Sebelum direaksikan dengan H_2SO_4 diencerkan menjadi H_2SO_4 1,5 N.

Tahap Reaksi

Larutan H_2SO_4 keluaran dari *Dissolving Tank* (DT-101) dan Kaolin diumpankan ke dalam Reaktor untuk direaksikan yang kemudian

membentuk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Reaksi dilangsungkan di Reaktor yang dilengkapi pengaduk dan reaksi yang terjadi secara non-isothermal non-adiabatis pada temperatur 85°C tekanan 1atm.

Tahap Pemurnian

Keluaran Reaktor masih mengandung SiO_2 , sehingga perlu dipisahkan dengan *Filtration*. Kemudian Aluminium Sulfat dialirkan ke *Rotary Drum Vacuum Filter* untuk memisahkan padatan kaolin yang tidak bereaksi dari larutan aluminium sulfat, yang nantinya padatan kaolin akan dikristalkan dengan menggunakan *crystalizer* kemudian dipisahkan larutan yang tidak terkristal menggunakan *centrifuge*. Setelah dipisahkan larutan yang tidak terkristal diumpankan kembali kedalam reaktor sedangkan padatan kristal akan dicuci dengan menggunakan alat *Rotary Drum Filter* untuk mengurangi kandungan H_2SO_4 yang masih tersisa. Produk kemudian disimpan di dalam gudang untuk selanjutnya dikemas dan didistribusikan ke konsumen.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku pembuatan aluminium sulfat terdiri dari:

3.1.1 Kaolin

Kaolin merupakan salah satu jenis tanah liat yang bersifat menyerap air, yang merupakan hasil pelapukan dan diskomposisi batuan beku dan batuan metamorf yang kompleks akan aluminium silika. Kaolin merupakan lempung yang berkualitas tinggi, warna putih keabu-abuan dan ditemukan sebagai endapan sedimenter.

Tabel 3.1 Komposisi Kaolin

Senyawa	Kandungan
Al_2O_3	39.50%
H_2O	13.96%
SiO_2	46.5%

Sumber: PT. Niraku Jaya Abadi, 2024

Sifat – sifat fisis dan kimia kaolin:

Rumus Molekul : Al_2O_3

Fasa : Padatan

Bentuk : Kristal Putih

Berat Molekul : 101,96 g/mol

Titik Didih : 2977 °C

Titik Leleh : 2040 °C

Densitas : 3,965 g/cm³ (25oC)

Kelarutan : Tidak larut dalam air; larut dalam asam; sedikit larut dalam larutan alkali

Properti Eksperimental lainnya : Sangat higroskopis; ketika dipanaskan di atas 800 °C, menjadi tidak larut dalam asam; densitas meningkat dari 2,8 menjadi 4,0 saat dipanaskan di atas 800 °C (Pubchem, 2024).

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_2SO_4	98%
Air	2%

Sumber: PT. Petrokimia Gresik, 2024

Sifat – sifat fisis dan kimia asam sulfat:

Rumus Molekul : H_2SO_4

Fasa : Cairan

Berat Molekul : 98,079 g/mol

Fasa : Cair

Titik Leleh : $10,31^\circ\text{C}$

Titik Didih : 337°C

Densitas (20°C) : 1,8361 g/cm³ (98%)

Kelarutan : Larut dalam air (20°C) (Pubchem, 2024)

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Aluminium Sulfat

Senyawa ini lebih dikenal dengan nama aluminium sulfat, 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 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 17\%$ (Othmer, 2005). Komposisi murni

tidak berwarna atau putih dan bersifat higroskopis. Produk yang dihasilkan adalah *Rough aluminium sulfate*. Dengan indeks penilaian sebagai berikut:

Tabel 3.3 Syarat Mutu Aluminium Sulfat

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan	
			Padat	Cair
1	Bobot Jenis 20°C	-	-	Min. 1,3
2	pH	-	Min. 3,0	Min. 3,0
3	Bagian yang tidak larut dalam air	% (b/b)	Maks. 0,5	Maks. 0,25
4	Aluminium Oksida, Alumina, Al_2O_3	% (b/b)	Min. 17	Min. 8
5	Besi, Fe	% (b/b)	Maks. 0,01	Maks. 0,01

Sumber : SNI 0032:2011

Sifat – sifat fisis dan kimia aluminium sulfat:

Rumus Molekul : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

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, 2024)

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:

Rumus Molekul : H_2O

Fasa : Cair

Berat Molekul : 18 g/mol

Titik Didih : 100°C

Titik Leleh : 0°C

(Pubchem, 2024)

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Aluminium Sulfat dari Kaolin dan Asam Sulfat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment (ROI)* sesudah pajak sebesar 40,94%
2. *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak 2,043 tahun.
3. *Break Even Point (BEP)* sebesar 34% dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 23%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF)* sebesar 52%, 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 Kaolin dan Asam Sulfat dengan kapasitas 35.000 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.2024. 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 Teknik*. 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 2024
- 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 2024
- Bank Indonesia. 2024. *Data Inflasi*. <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>. Diakses 31 Oktober 2024
- Bird, T. 1987. *Kimia Fisik untuk Universitas*: Jakarta: PT Grademia
- BPS Gresik. 2022. *Kabupaten Gresik dalam Angka*. Gresik: BPS Kabupaten Gresik
- BPS. 2024. *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 2024
- Brown, George Granger. 1978. *Unit Operation*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors

- Brownell, Lloyd & Young, Edwin. 1959. *Equitment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Cdmione. 2024. *Profil 5 Perusahaan Kertas di Indonesia*. <https://www.cdmione.com/profil-perusahaan-kertas-di-indonesia/>. Diakses pada 7 Maret 2024.
- Chemicalbook. 2024. *Index Product*. https://m.chemicalbook.com/ProductIndex_EN.aspx Diakses 14 Maret 2024
- Chemready. 2024. *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 2024
- Conveyor Solutions. 2024. *Screw Conveyor Engineering Guide, Bulk Material Handling Equitment*. <https://www.kwsmfg.com/engineering-guides/screw-conveyor/> diakses 28 Agustus 2024
- 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. 2024. *Delfina Product*. <http://www.delfina.sg/products.htm>. Diakses 12 Maret 2024
- 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. 2024. *Aluminium Sulphate Production Facilities*. <http://www.drury-industries.com/company-profile/aluminum-sulphate-plant-2/>. Diakses 12 Maret 2024
- Eaton. 2024. *LED Lighting Design & Specification Guide*. USA: Power Business Worldwide.

- Eonchemicals. 2024. *Chemical untuk Cooling Tower dan Cara Menentukan dosisnya*. <https://www.eonchemicals.com/artikel/chemical-untuk-cooling-tower/> Diakses 28 Oktober 2024
- Eonchemicals. 2024. *Water Treatment Plant Pabrik Sawit*. <https://www.eonchemicals.com/artikel/water-treatment-plant-pabrik-kelapa-sawit/>. Diakses 27 Oktober 2024
- 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. 2024. *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 2024
- 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. 2024. *Evaluasi Kuat Penerangan Buatan Dalam Ruang Kuliah*. Gorontalo: STITEK Bina Taruna Gorontalo. *Jurnal Peradaban Sains*. Vol 5.No. 2 187-208
- InfoBioTech Resources. 2024. *Product Catalog:Scale Inhibitor*. http://www.infobiotech.com.my/scale_inhibitor.html. Diakses 30 Oktober 2024
- Jinhetec. 2024. *All Products Henan Jinhe Industry*. <https://www.jinhetec.com/products.html>. Diakses 12 Maret 2024

- 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 2024
- 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. 2024. *Molecular Weight Calculator*.
<https://www.lenntech.com/calculators/molecular/molecular-weight-calculator.htm>. Diakses 1 Juni 2024
- Lestari, Ajeng Yualianti Dwi.2020. *Analisis Ekonomi pada Industri Kimia* [Video]. Youtube.<https://youtu.be/jCW9fMxUzTo>. Diakses 31 Oktober 2024
- Made-in-china. 2024. *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 2024
- Matches.2014. *Matches 'Process Equipment Cost Estimates'* Diakses 31 Oktober 2024. <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. 2024. *NIPSEA Group Directory*.
<https://nipsea.group/contactus/#indonesia>. Diakses 7 Maret 2024.
- Paperindex. 2024. *Pascorp Paper Industries Berhad*.
<https://www.paperindex.com/profile/pascorp-paper-industries-berhad/07080923/3540>. Diakses 7 Maret 2024
- Pdampintar.2024. *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 2024

- 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.2024. *Update harga BBM Industri HSFO Terbaru*.
<https://shasolo.com/update-harga-bbm-industri-hsfo-terbaru>. Diakses 31 Oktober 2024
- Pertamina.2024.*Spesifikasi Solar*./Biosolar. https://onesolution.pertamina.com/Product/Download?filename=20210806090426atc_Biosolar%20Spesifikasi.pdf Diakses 15 November 2024
- Petters, Max S & Timmerhaus, Klaus. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering fourt edition*. New York: McGraw-Hill
- Pgcareers. 2024. *About Us*. <https://www.pgcareers.com/global/en/about-us>. Diakses 12 Maret 2024.
- 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 2024
- PT Criystal Anugerah Abadi. 2024. *CM-507-Biodispersant*:Jakarta
- PT Niraku Jaya Abadi. 2024. <https://whwalumina.com/>. Diakses pada 7 Maret 2024.
- PT. Inalum Antam Alumina. 2024. <https://www.inalum.id/id>. Diakses pada 7 Maret 2024
- 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 2024
- 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. 2024. Acid Plant Database. <http://www.sulphuric-acid.com/sulphuric-acid-on-the-web/acid%20plants/Melkasa%20Aluminum%20-%20Melkasa.htm>. Diakses 12 Maret 2024
- Syeraservices. 2024. Brunei's oil spill specialist. <http://syeraservices.com/>. Diakses 12 Maret 2024
- 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. 2024. *Daftar Inventaris Barang/Jasa Produksi Dalam Negeri*. <https://tkdn.kemenperin.go.id/>. Diakses 7 Maret 2024.
- Toya Arta Sejahtera.2024. *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 2024
- 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. 2025. 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 2025.
- 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. 2025. *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 2024
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Zoominfo. 2024. 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 2025.