

**PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT
DARI ALUMINIUM OKSIDA DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN
Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201)**

Skripsi

Oleh:

**YUNI SAPUTRI
(1815041054)**



**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 (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh
YUNI SAPUTRI

Prarancangan pabrik aluminium sulfat dari aluminium oksida dan asam sulfat dengan kapasitas 28.000 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 aluminium oksida sebanyak 1.043,1454 kg/jam diperoleh dari PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery dan Asam Sulfat sebanyak 3.009,7172 kg/jam diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik.

Jumlah karyawan sebanyak 167 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 852.272.865.736
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 150.401.093.953
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 1.002.673.959.689
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 34,77%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 16,68%
<i>Pay Out Time after Taxes</i> (POT) _a	= 2,504 tahun
<i>Return on Investment after Taxes</i> (ROI) _a	= 41,37 %
<i>Discounted cash flow</i>	= 40,85%

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 ALUMINIUM OXIDE AND SULFURIC ACID WITH CAPACITY 28,000 TON/YEAR (Design Reactor (RD-201))

By

YUNI SAPUTRI

Manufacturing of an aluminum sulfate plant from aluminum oxide and sulfuric acid with a capacity of 28,000 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 aluminum oxide amounting to 1,043.1454 kg/hour was obtained from PT. Well Harvest Winning Alumina Refinery and Sulfuric Acid amounting to 3,009.7172 kg/hour were obtained from PT. Petrokimia Gresik.

The number of employees is 167 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 562.168.439.812
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp 99.206.195.261
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp 661.374.635.073
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 54%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 38%
<i>Pay Out Time after Taxes (POT)_a</i>	= 2,57 tahun
<i>Return on Investment after Taxes (ROI)_a</i>	= 24 %
<i>Discounted cash flow</i>	= 33,29%

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
DARI ALUMINIUM OKSIDA DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 28.000 TON/TAHUN
Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201)**

Oleh:

**YUNI SAPUTRI
1815041054**

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**

Judul Skripsi : PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM
SULFAT DARI ALUMINIUM OKSIDA DAN ASAM
SULFAT DENGAN KAPASITAS 28.000
TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

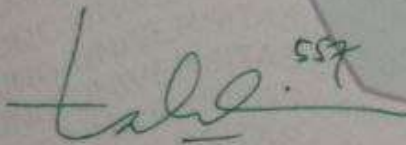
Nama Mahasiswa : Yuni Saputri

No. Pokok Mahasiswa : 1815041054

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



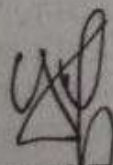
 557

Taharuddin, S.T., M.Sc.
NIP. 19700126 199512 1 001



Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng.
NIP. 19790419 200604 2 001

Ketua Jurusan Teknik Kimia

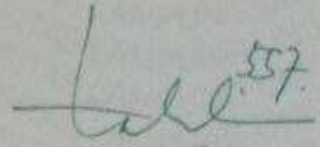


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

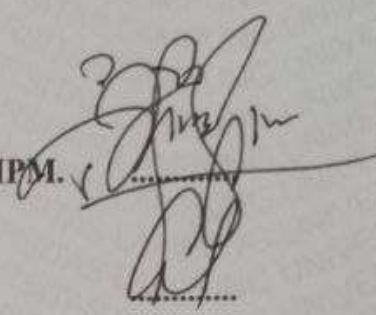

.....

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


.....

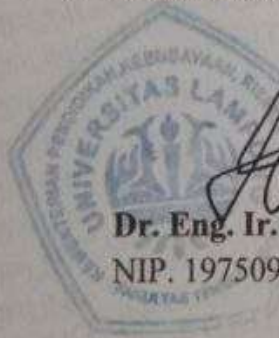
Penguji

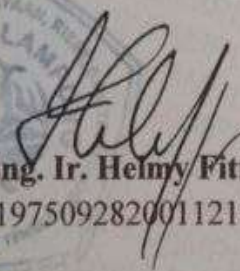
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM.**


.....

Lia Lismeri, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung




Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S. T., M. Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Januari 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, 19 Februari 2024



Yuni Saputri

NPM. 1855041054

RIWAYAT HIDUP



Yuni Saputri, penulis laporan skripsi ini dilahirkan di Wonokriyo pada tanggal 15 Juni 2001, putri bungsu dari pasangan Bapak Suryoto dan Ibu Mukidah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 5 Wonodadi pada tahun 2013, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Gadingrejo pada tahun 2016 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Pringsewu pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Kerohanian Divisi Islam Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2019 dan Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) 2020, Sekretaris Departemen Kemuslimahan Forum Silaturahmi Dan Studi Islam Mahasiswa Fakultas Teknik (FOSSI-FT Unila) Periode 2020 dan Kepala Divisi I Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik (DPM-FT) periode 2021.

Serta turut serta mengikuti program kampus merdeka yaitu studi independen Data & Business Analytics Bootcamps tahun 2022.

Pada tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wonodadi, kabupaten Pringsewu, Lampung dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Sungai Lengi dengan Tugas Khusus “Evaluasi kinerja *Sterilizer* Horizontal pada proses perebusan Tandan Buah Segar (TBS)”. Pada tahun 2021 hingga 2022, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pengenceran Limbah Cair Tahu terhadap Produksi Biogas dan COD *Removal* pada Peruraian Anaerobik Limbah Cair Tahu”

Motto dan Persembahan

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Al-Insyiroh: 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan

kesanggupannya”

(Al Baqorah: 286)

“Aku sudah pernah merasakan semua kepahitan dalam

hidup dan yang paling pahit adalah berharap kepada

manusia”

(Ali bin Abi Thalib)

“Hide your process, Show Your Result”

(Guntur Badijideh)

“Jalani semampumu, nikmati seadanya, syukuri segalanya”

*Dengan mengucap syukur kepada Allah SWT,
Kupersembahkan karya kecilku ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Bapak dan Mamak tercinta,
Terima kasih yang tak terhingga untuk segala bentuk kasih dan sayang yang
hingga detik ini masih senantiasa tercurah untuk putri bungsumu ini.*

*Saudara dan keluarga besarku ,
Terima kasih banyak untuk do'a dan dukungannya selama ini.*

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

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Aluminium 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.

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

1. Kedua orangtuaku, Bapak dan Mamak atas segala curahan kasih sayang, doa, dan usaha sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dan mendapat gelar sarjana. Terimakasih telah menjadi orangtua sempurna yang memberikan kebahagiaan untuk penulis, sehat selalu Mak, Pak.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
3. Bapak Taharuddin, S. T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan tersebut dapat berguna dikemudian hari.
4. Ibu Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Pembimbing Penelitian yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan, bimbingan, dan motivasi bagi penulis hingga mampu menyelesaikan perkuliahan. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan tersebut dapat berguna dikemudian hari.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc. IPM. selaku Dosen Peguji I yang telah memberikan saran, kritikan dan cerita yang memotivasi dalam

penyelesaian tugas akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

6. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan banyak saran dan kritikan dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal dan acuan untuk terus berkembang di masa depan
8. Mas Efri dan Mba Ita, sebagai Kakak dan Sepupu yang senantiasa memberikan bantuan dan siap siaga menghibur penulis dikala dilanda masalah.
9. Rachel Mega Jessica Putri, S.T. selaku partner TA sekaligus *roommate* atas kerja sama dan dukungan menyelesaikan skripsi. Terimakasih atas segala bantuan, waktu dan kesabaran menyikapi sifat penulis, serta perhatian yang begitu besar hingga akhir masa perkuliahan.
10. Sri Oktapia, S.T. teman pertamaku di Teknik Kimia Unila dan Elistia Nursafitri, S.T. atas segala kenangan 5,5 tahun masa kuliah mulai dari suka, duka, perselisihan, pengalaman baru hingga kulineran bersama yang memberikan warna di kehidupan kuliah.
11. Rachman Dimas Saputra, S.Kom. “*Best Partner Ever*” atas kesabaran menyikapi penulis yang cerewet, *moody*-an dan cengeng. Terimakasih atas usaha yang tiada henti memberikan dorongan semangat, perhatian, dan bantuan ataupun solusi dalam menghadapi segala macam permasalahan kuliah.
12. Yoan Yuda Veronica S.T. dan Ghea Maulidaco Anandati, S.T. atas kesediaan menjadi tempat cerita hingga memberi saran, dan segala kenangan kebersamaan semasa kuliah hingga partner main ke Palembang. Teman grub “Arisan Sosialita” Agita Amy Rizky, S.T. dan Titin Na’afiah, S.T. atas kenangan dan kebersamaan di pengujung masa kuliah.
13. Teman-teman angkatan 2018 Teknik Kimia Unila yang begitu ambis, tak jarang memberikan motivasi, informasi, dan dorongan semangat. Semoga perjuangan kita semua menjadi langkah awal meraih kesuksesan di masa depan.

14. Kakak tingkat angkatan 2016 dan 2017, serta adik tingkat angkatan 2019 dan 2020 yang turut membantu penulis, memberi informasi dosen, kenangan dan kebersamaan menunggu dosen, hingga pertukar pikiran dan diskusi terkait skripsi penulis. Semoga kebaikan kalian membuahkan hasil baik di masa depan.
15. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri. Tidak bisa dipungkiri dalam menyelesaikan skripsi ini banyak hal yang sulit untuk dijalani, setiap saat berkeluh kesah, sakit hati, membandingkan dengan orang lain, hingga banjir air mata. Namun begitu luar biasanya diri ini mampu mengendalikan diri, tidak pernah memutuskan untuk menyerah, dan selalu mencari sisi positif dari setiap masalah hingga atas izin Allah, alhamdulillah laporan skripsi ini dapat dibukukan.

Akhirnya, penulis sangat menyadari bahwa Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, Februari 2024
Penulis,

Yuni Saputri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 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
BAB 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
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku	27
3.2. Spesifikasi Produk	28
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1. Neraca Massa.....	30
4.1.1. Necara Massa <i>Magnetic Separator</i> (MS – 101))	30
4.1.2. Necara Massa <i>Heater Tank</i> (HT – 101).....	30
4.1.3. Necara Massa <i>Heat Exchamger</i> (HE – 101)).....	31
4.1.4. Necara Massa Reaktor (RE-201)	31

4.1.5. Necara Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE – 301)).....	32
4.1.6. Necara Massa <i>Purge</i> (PR – 301).....	32
4.1.7. Necara Massa <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	32
4.1.8. Necara Massa <i>Mixpoint</i> (MP – 301)	33
4.1.9. Necara Massa <i>Evaporator</i> (EV – 301).....	33
4.1.10. Necara Massa <i>Crytalizer</i> (CR-301)	33
4.1.11. Necara Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	34
4.1.12. Necara Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-302)	34
4.1.13. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	34
4.2. Neraca Panas.....	35
4.2.1. Necara Energi <i>agnetic Separator</i> (MS – 101).....	35
4.2.2. Necara Energi <i>Heater Tank</i> (HT – 101)	35
4.2.3. Necara Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	35
4.2.4. Necara Energi <i>Reaktor</i> (RE-201)	36
4.2.5. Necara Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-302)	36
4.2.6. Necara Energi <i>Purge</i> (PR-301).....	36
4.2.7. Necara Energi <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	37
4.2.8. Necara Energi <i>Mixpoint</i> (MP-301).....	37
4.2.9. Necara Massa <i>Evaporator</i> (EV-301)	37
4.2.10. Necara Energi <i>Crytalizer</i> (CR-301).....	38
4.2.11. Necara Energi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301).....	38
4.2.12. Necara Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE– 302)	38
4.2.13. Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301).....	39

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1. Spesifikasi Peralatan Proses	40
5.1.1. Gudang Bahan Baku (GD-101)	40
5.1.2. Silo (S-101).....	40
5.1.3. <i>Magnetic Separator</i> (MS-101)	41
5.1.4. <i>Bucket Elevator</i> (BE – 101).....	42
5.1.5. <i>Hopper</i> (HP – 101)	42
5.1.6. <i>Heater Tank</i> (HT-101).....	43

5.1.7. Pompa Proses (PP-101)	44
5.1.8. <i>Storage Tank</i> (ST – 101).....	45
5.1.9. Pompa Proses (PP – 102).....	46
5.1.10. Heater (HE – 101).....	46
5.1.11. Reaktor (RE-201).....	47
5.1.12. Pompa Proses (PP – 301).....	48
5.1.13. Heater (HE – 301).....	48
5.1.14. Exvander Valve (EX-301)	49
5.1.15. <i>Centrifuge</i> (CF – 301).....	49
5.1.16. Pompa Proses (PP-302)	50
5.1.17. Pompa Proses (PP – 303).....	51
5.1.18. <i>Evaporator</i> (EV – 301).....	51
5.1.19. Pompa Proses (PP-304)	52
5.1.20. Crystallizer (CR – 301).....	53
5.1.21. <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301).....	53
5.1.22. Pompa Proses (PP-305)	54
5.1.23. <i>Screw Conveyor</i> (SC – 301)	54
5.1.24. <i>Bucket Elevator</i> (BE – 301).....	55
5.1.25. <i>Hopper</i> (HP – 301)	55
5.1.26. <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301).....	56
5.1.27. <i>Heater</i> (HE – 302)	57
5.1.28. <i>Screw Conveyor</i> (SC – 302)	57
5.1.29. <i>Bucket Elevator</i> (BE – 302).....	58
5.1.30. <i>Hopper</i> (HP – 302).....	58
5.1.31. Gudang Penyimpanan Produk (GD – 301).....	59
5.1.32. Condensor (CD-301)	60
5.2. Peralatan Utilitas	60
5.2.1. <i>Bak Sedimentasi</i> (BS-401).....	60
5.2.2. Pompa Utilitas (PU-401)	61
5.2.3. Pompa Utilitas (PU-402)	61
5.2.4. <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-401).....	62

5.2.5. Pompa Utilitas (PU-403)	63
5.2.6. <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT-402).....	63
5.2.7. Pompa Utilitas (PU-404)	64
5.2.8. <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT-403)	64
5.2.9. Pompa Utilitas (PU-405)	65
5.2.10. <i>Clarifier</i> (CL-401)	65
5.2.11. Pompa Utilitas (PU-406)	66
5.2.12. <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	66
5.2.13. Pompa Utilitas (PU-407)	67
5.2.14. <i>Filter Water Tank</i> (FWT-401).....	67
5.2.15. Pompa Utilitas (PU-408)	68
5.2.16. <i>Domestik Water Tank</i> (DWT-401)	69
5.2.17. <i>Hydarant Water Tank</i> (HWT-401).....	69
5.2.18. Pompa Utilitas (PU-409)	70
5.2.19. <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	70
5.2.20. Pompa Utilitas (PU-410)	71
5.2.21. <i>Storage Tank Biocide</i> (ST-401).....	72
5.2.22. Pompa Utilitas (PU-411)	72
5.2.23. <i>Storage Tank Biodispersant</i> (ST-402).....	73
5.2.24. Pompa Utilitas (PU-412)	73
5.2.25. <i>Storage Tank Scale Inhibitor</i> (ST-403)	74
5.2.26. Pompa Utilitas (PU-413)	74
5.2.27. <i>Storage Tank Corrosion Inhibitor</i> (ST-403).....	75
5.2.28. Pompa Utilitas (PU-414)	75
5.2.29. <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	76
5.2.30. Pompa Utilitas (PU-415)	76
5.2.31. <i>Cold Basin</i> (CD-401).....	77
5.2.32. Pompa Utilitas (PU-416)	77
5.2.33. <i>Dissolving Tank</i> H ₂ SO ₄ (DT-404).....	78
5.2.34. Pompa Utilitas (PU-417)	78
5.2.35. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	79
5.2.36. Pompa Utilitas (PU-418)	80

5.2.37. <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT-405)	80
5.2.38. Pompa Utilitas (PU-419)	81
5.2.39. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	81
5.2.40. Pompa Utilitas (PU-420)	82
5.2.41. <i>Dimineral Water Tank</i> (ST-405)	82
5.2.42. Pompa Utilitas (PU-421)	83
5.2.43. <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST-406)	84
5.2.44. Pompa Utilitas (PU-422)	84
5.2.45. Dearator (DA-401).....	85
5.2.46. Pompa Utilitas (PU-420)	85
5.2.47. Boiler (BO-401).....	86
5.2.48. <i>Steam Blower</i> (SB-401)	86
5.2.49. <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST-407)	87
5.2.50. <i>Blower</i> Udara (BU-501)	87
5.2.51. Cyclone (CYC-501).....	88
5.2.52. <i>Blower</i> Udara (BU-502)	88
5.2.53. <i>Air Dryer</i> (AD-501).....	88
5.2.54. <i>Blower</i> Udara (BU-503)	89
5.2.55. <i>Blower</i> Udara (BU-504)	89
5.2.56. <i>Air Compressor</i> (AC-501).....	89
5.2.57. Generator (GS-401)	90
5.2.58. Silo Limbah Padat (S-601)	90
5.2.59. <i>Storage Tank</i> Limbah Cair (ST-601).....	91

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Penyediaan Air.....	92
6.2. Unit Penyediaan Steam	103
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	103
6.4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar	103
6.5. Unit Penyediaan Udara Tekan	104
6.6. Unit Pengolahan Limbah	104
6.7. Unit Laboratorium	105

6.8. <i>Industrial Control System</i>	108
---	-----

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	110
7.2. Tata Letak Pabrik	112
7.3. Tata Letak Peralatan Proses	116

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Bentuk Perusahaan	118
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	120
8.3. Tugas dan Wewenang	123
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	129
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	130
8.6. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	132
8.7. Kesejahteraan Karyawan	136

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	139
9.2. Evaluasi Ekonomi	142
9.3. Angsuran Pinjaman	147

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan	148
10.2. Saran	148

DAFTAR PUSTAKA	149
-----------------------------	-----

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

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>Magnetic Separator</i> (MS – 101).....	30
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Heater Tank</i> (HT – 101).....	30
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Heat Exchamger</i> (HE – 101)	31
Tabel 4.4. Neraca Massa Reaktor (RE – 201).....	31
Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE – 301)	32
Tabel 4.6. Neraca Massa <i>Purge</i> (PR – 301).....	32
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF – 301)	32
Tabel 4.8. Neraca massa <i>Mixpoint</i> (MP – 301).....	33
Tabel 4.9. Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV – 301).....	33
Tabel 4.10. Neraca Massa <i>Crytalizer</i> (CR-301).....	33
Tabel 4.11. Neraca Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	34
Tabel 4.12. Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-302).....	34
Tabel 4.13. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	34

Tabel 4.14. Neraca Energi <i>Magnetic Separator</i> (MS – 101)	35
Tabel 4.15. Neraca Energi <i>Heater Tank</i> (HT – 101)	35
Tabel 4.16. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	35
Tabel 4.17. Neraca Energi Reaktor (RE-201)	36
Tabel 4.18. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-302)	36
Tabel 4.19. Neraca Energi <i>Purge</i> (PR-301)	36
Tabel 4.20. Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF – 301)	37
Tabel 4.21. Neraca Energi <i>Mixpoint</i> (MP-301)	37
Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Evaporator</i> (EV-301)	37
Tabel 4.23. Neraca Energi <i>Crytalizer</i> (CR-301)	38
Tabel 4.24 Neraca Energi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	38
Tabel 4.25 Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE– 302)	38
Tabel 4.26 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	39
Tabel 5.1.1. Spesifikasi Gudang Bahan Baku (GD – 101)	40
Tabel 5.1.2. Spesifikasi Silo (S – 101)	40
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Magnetic Separator</i> (MS-101)	41
Tabel 5.1.4. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 101)	42
Tabel 5.1.5. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 101)	42
Tabel 5.1.6. Spesifikasi <i>Heater Tank</i> (HT-101)	43
Tabel 5.1.7. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	44
Tabel 5.1.8. Spesifikasi Storage Tank (ST – 101)	45
Tabel 5.1.9. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 102))	46
Tabel 5.1.10. Spesifikasi Heater (HE – 101)	46
Tabel 5.1.11. Spesifikasi Reaktor (RE-201)	47
Tabel 5.1.12. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 301)	48
Tabel 5.1.13. Spesifikasi Pompa Heater (HE – 301)	48
Tabel 5.1.14. Spesifikasi Exvander valve (EX-301)	49
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF – 301)	49
Tabel 5.1.16. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	50
Tabel 5.1.17. Spesifikasi Pompa Proses (PP – 303)	51
Tabel 5.1.18. Spesifikasi <i>Evaporator</i> (EV – 301)	51
Tabel 5.1.19. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	52

Tabel 5.1.20. Spesifikasi Crystallizer (CR – 301)	53
Tabel 5.1.21. Spesifikasi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF – 301)	53
Tabel 5.1.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	54
Tabel 5.1.23. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC – 302)	54
Tabel 5.1.24. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 301).....	55
Tabel 5.1.25. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP – 301)	55
Tabel 5.1.26. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD – 301)	56
Tabel 5.1.27 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE – 302).....	57
Tabel 5.1.28 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-302).....	57
Tabel 5.1.29 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE – 302)	58
Tabel 5.1.30 Spesifikasi Hopper (HP – 302).....	58
Tabel 5.1.31 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk (GD – 301).....	59
Tabel 5.1.32 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	60
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	60
Tabel 5.2.2. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	61
Tabel 5.2.3. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	61
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-401)	62
Tabel 5.2.5. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	63
Tabel 5.2.6. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT – 402).....	63
Tabel 5.2.7. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	64
Tabel 5.2.8. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT – 403)	64
Tabel 5.2.9. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405)	65
Tabel 5.2.10. Spesifikasi <i>clarifier</i> (CL – 401)	65
Tabel 5.2.11. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	66
Tabel 5.2.12. Spesifikasi <i>Sand Filter Tank</i> (SF – 401).....	66
Tabel 5.2.13. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407)	67
Tabel 5.2.14. Spesifikasi <i>Filter Water Tank</i> (FWT – 401)	67
Tabel 5.2.15 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408)	68
Tabel 5.2.16. Spesifikasi <i>Domestik water tank</i> (DWT – 401)	69
Tabel 5.2.17. Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT – 401)	79
Tabel 5.2.18. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409)	70
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Hot basin</i> (HB – 401)	70

Tabel 5.2.20. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410)	71
Tabel 5.2.21. Spesifikasi <i>Storage Tank Biocide</i> (ST-401).....	72
Tabel 5.2.22. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411)	72
Tabel 5.2.23. Spesifikasi <i>Storage Tank Biodispersant</i> (ST – 402)	73
Tabel 5.2.24. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412)	73
Tabel 5.2.25. Spesifikasi <i>Storage Tank Scale Inhibitor</i> (ST-403).....	74
Tabel 5.2.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413)	74
Tabel 5.2.27. Spesifikasi <i>Storage Tank Corossion Inhibitor</i> (ST – 403).....	75
Tabel 5.2.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414)	75
Tabel 5.2.29. <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	76
Tabel 5.2.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415)	76
Tabel 5.2.31. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401)	77
Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	77
Tabel 5.2.33 Spesifikasi <i>Dissolving Tank H₂SO₄</i> (DT – 404).....	78
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417)	78
Tabel 5.2.35. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401).....	79
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 418)	80
Tabel 5.2.37. Spesifikasi <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT – 405).....	80
Tabel 5.2.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 419)	81
Tabel 5.2.39. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401).....	81
Tabel 5.2.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 420)	82
Tabel 5.2.41. Spesifikasi <i>Dimineral Water Tank</i> (ST – 405).....	82
Tabel 5.2.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 421)	83
Tabel 5.2.43. Spesifikasi <i>Storage Tank Hidrazin</i> (ST – 406)	84
Tabel 5.2.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 422)	84
Tabel 5.2.45. Spesifikasi <i>Dearator</i> (DA – 401).....	85
Tabel 5.2.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 420)	85
Tabel 5.2.47. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO – 401).....	86
Tabel 5.2.48. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (SB – 401)	86
Tabel 5.2.49. Spesifikasi <i>Storage Tank Bahan Bakar</i> (ST – 407)	87
Tabel 5.2.50. Spesifikasi <i>Blower Udara</i> (BU – 501).....	87
Tabel 5.2.51. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC – 501)	88

Tabel 5.2.52. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 502).....	88
Tabel 5.2.53. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 501)	88
Tabel 5.2.54. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 503).....	89
Tabel 5.2.55. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara (BU – 504).....	89
Tabel 5.2.56. Spesifikasi <i>Air Compresor</i> (AC – 501).....	89
Tabel 5.2.57. Spesifikasi <i>Generator</i> (GS – 601).....	90
Tabel 5.2.58. Spesifikasi Silo Limbah Padat (S – 701)	90
Tabel 5.2.59. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Limbah Cair (ST – 701).....	91
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	93
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Proses	93
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Pendingin.....	94
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	97
Tabel 6.5. Alat Ukur Variabel Utama Proses.....	108
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik Aluminium Sulfat	115
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	131
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	132
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	133
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	134
Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	135
Tabel 9.1. Perincian <i>Total Capital Invesment</i> pabrik Aluminium Sulfat.....	140
Tabel 9.2. Perincian <i>Total Production Cost</i> pabrik Aluminium Sulfat	141
Tabel 9.3. Hasil Evaluasi Kelayakan Ekonomi.....	147

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>	96
Gambar 7.1. Lokasi Pendirian Pabrik Aluminium Sulfat	115
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	116
Gambar 7.3. Tata Letak Alat Proses	117
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Pabrik Aluminium Sulfat.....	122
Gambar 9.1. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	143
Gambar 9.2. <i>Maximum Acceptable Payout Time</i>	144
Gambar 9.3. Grafik Analisis Ekonomi.....	145
Gambar 9.4. Kurva <i>cumulative cash flow</i> terhadap umur pabrik.....	146

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 secara kasar diperkirakan membutuhkan asam sulfat sebesar 22.292 ton/tahun dan aluminium oksida sebesar 7.599 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

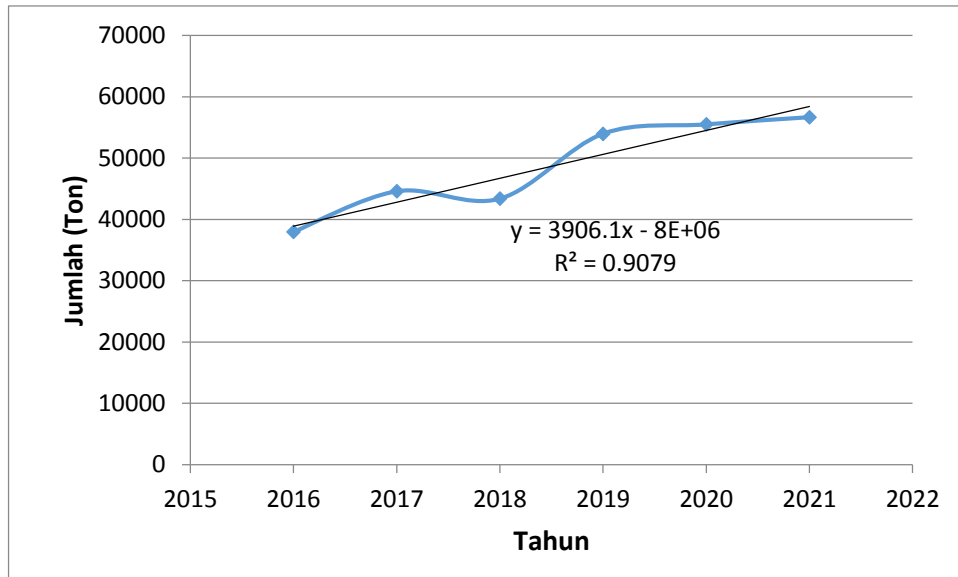
Minat pasar ASEAN terhadap produk tersebut sangat besar, sehingga terus dilakukan impor produk setiap tahunnya untuk memenuhi kebutuhan aluminium sulfat. Berikut data impor aluminium sulfat di ASEAN.

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:

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

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

$$y = 7913819 - 7835862$$

$$y = 77.956,98$$

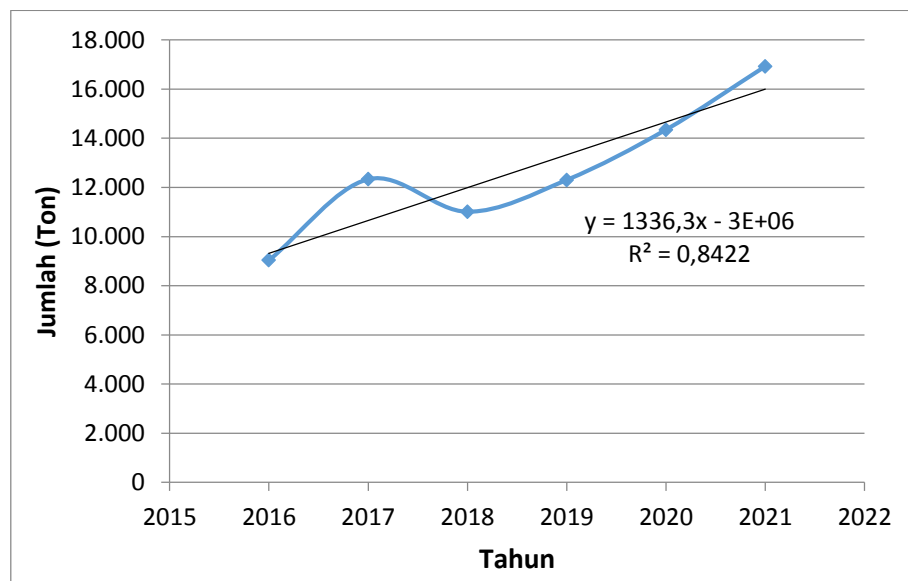
Dari persamaan tersebut didapat kebutuhan impor aluminium sulfat di ASEAN pada tahun 2026 adalah 77.957 ton/tahun. Indonesia juga merupakan negara pengekspor aluminium sulfat. Berikut adalah jumlah ekspor dari Indonesia ke negara-negara di ASEAN.

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 Sulfert	Etiopia	12.000 ^(e)
	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) jinhotec, 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 (Pembekaaan 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 (Kementerian ESDM, 2021).

4. Sarana Transportasi

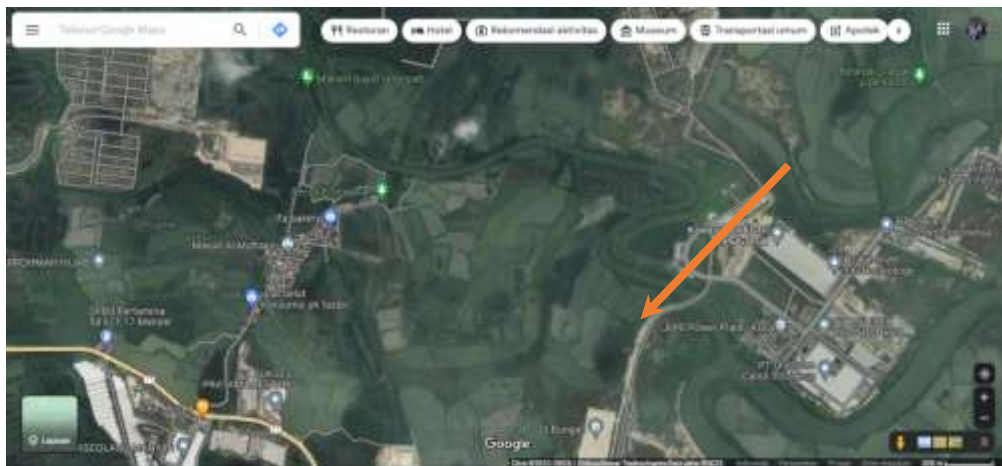
Sarana transportasi sebagai penunjang distribusi bahan baku maupun produk harus memiliki akses baik untuk transportasi darat maupun perairan. Di Gresik, Jawa Timur merupakan wilayah yang cukup strategis untuk mendirikan sebuah pabrik dikarenakan telah tersedianya akses transportasi baik jalur darat maupun 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 (Pembekaaan Gresik, 2023). 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 Deandles.

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.

Dengan pertimbangan faktor tersebut maka pemilihan lokasi prarancangan pabrik aluminium sulfat dapat didirikan di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur



Gambar 1.1 Lokasi Pabrik

BAB II

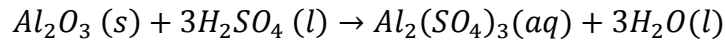
DESKRIPSI PROSES

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

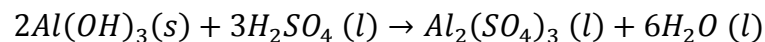
Proses Dorr merupakan proses pembuatan aluminium sulfat dimulai dengan memasukan Al_2O_3 dengan asam sulfat dan mereaksikan dalam reaktor. Reaksi yang terjadi pada reaktor sebagai berikut:



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 aluminium sulfat. Massa padat kristal yang diperoleh dari *crystallizer* kemudian dikeringkan dalam *dryer* (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 dipisahkan 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	-0,00139	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

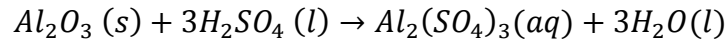
Sumber : Yaws, 1999; dengan $C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$

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:

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

$$\begin{aligned} H_2SO_4 &= 26,004 + 0,70337(445) + -0,00139(445)^2 + \\ &1,0342 \cdot 10^{-6}(445)^3 \\ &= 175,5576 \text{ J/mol K} \end{aligned}$$

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

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

Sehingga ΔC_p dapat diperoleh:

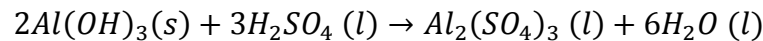
$$\Delta C_p = \sum_i V_i C_{p_i} \quad (\text{Smith, 2001})$$

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

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

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:

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

$$\begin{aligned}
\Delta H^\circ &= ((v \cdot \Delta H^\circ_f Al_2(SO_4)_3) + (v \cdot \Delta H^\circ_f H_2O)) - ((v \cdot \Delta H^\circ_f Al(OH)_3) \\
&+ (v \cdot \Delta H^\circ_f H_2SO_4))
\end{aligned}$$

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

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

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

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

Berdasarkan data pada tabel 2.2 dapat diperoleh nilai 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:

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= \sum_i v_i C_{p_i} && \text{(Smith, 2001)} \\
 &= (v_{Cp_{\text{Al}(\text{OH})_3}} C_{p_{\text{Al}(\text{OH})_3}}) + (v_{\text{H}_2\text{SO}_4} C_{p_{\text{H}_2\text{SO}_4}}) + (v_{\text{Al}(\text{SO}_4)_3} C_{p_{\text{Al}(\text{SO}_4)_3}}) + \\
 &\quad (v_{\text{H}_2\text{O}} C_{p_{\text{H}_2\text{O}}}) \\
 &= (-2 \times 91,7) + (-3 \times -175,2108) + (1 \times 310,3107) + \\
 &\quad (6 \times 79,4244) \\
 &= 77,8250 \text{ J/mol K}
 \end{aligned}$$

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

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:

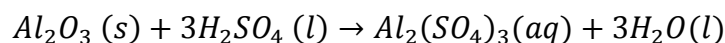
Tabel 2.3 Energi Gibbs Komponen (ΔG°_f) 298 K

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

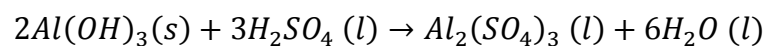
$$\Delta G = -266.42 \text{ J/mol} + ((8.314 \text{ J/mol K})(445\text{K}) \ln (1,055. 10^{16}))$$

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

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

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:

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

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

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

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

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

$$= -250,34 \text{ J/mol}$$

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

$$\begin{aligned} K_1 &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\ &= e^{\frac{-250,34 \text{ J/mol}}{(8,314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}} \\ &= 7,62 \cdot 10^{25} \end{aligned}$$

Sedangkan konstanta pada keadaan reaksi dapat diperoleh:

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

$$\ln \frac{7,62 \cdot 10^{25}}{K_2} = \frac{-476,780 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol K}} \left(\frac{1}{443 \text{ K}} - \frac{1}{289 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{7,62 \cdot 10^{25}}{K_2} = 62,9877$$

$$\frac{7,62 \cdot 10^{25}}{K_2} = e^{62,9877}$$

$$\frac{7,62 \cdot 10^{25}}{K_2} = 2,2658 \cdot 10^{27}$$

$$K_2 = \frac{7,62 \cdot 10^{25}}{2,2658 \cdot 10^{27}}$$

$$K_2 = 3 \cdot 10^{27}$$

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

$$\Delta G = -250,34 \text{ J/mol} + ((8,314 \text{ J/mol K})(443 \text{ K}) \ln 3 \cdot 10^{27})$$

$$\Delta G = -110,181 \text{ J/mol}$$

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

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)

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
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)

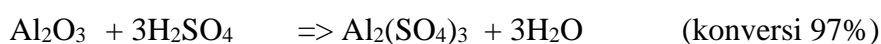
Berikut adalah berat molekul tiap komponen:

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

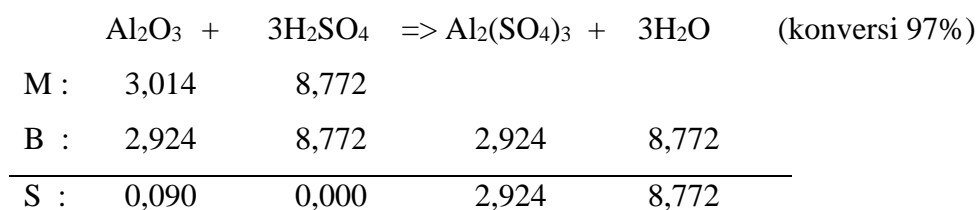
Reaksi:



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



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:

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Al}_2\text{O}_3 &= \text{Rp}10.057/\text{kg} \times 0,298 \text{ kg} = \text{Rp}2.096,00 \\ \text{H}_2\text{SO}_4 &= \text{Rp}3.894/\text{kg} \times 0,86 \text{ kg} = \text{Rp}3.347,00 \end{aligned}$$

Selisih harga produk – harga bahan baku:

$$\begin{aligned} &= \text{Rp}38.679 - (\text{Rp}2.096,00 + \text{Rp}3.347,00) \\ &= \text{Rp}33.236,00 \end{aligned}$$

Maka dengan kapasitas produksi 28.000 ton/tahun didapatkan:

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp}33.236,00/\text{kg} \times 28.000.000 \text{ kg} = \text{Rp}930.608.000.000,00/\text{tahun}$$

2.1.3.2 Proses Guilini

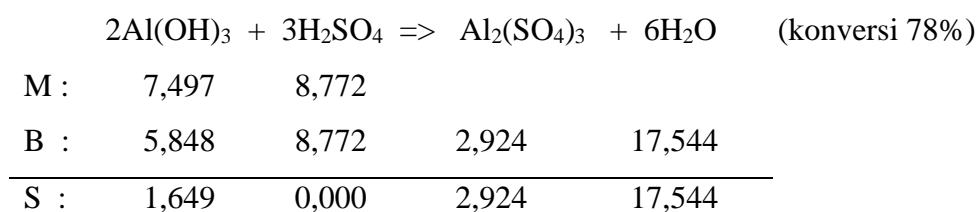
Reaksi:



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



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:

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

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

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

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

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

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

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 28.000 ton/tahun didapatkan:

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp}27.361/\text{kg} \times 28.000.000 \text{ kg} = \text{Rp}815.248.000.000,00/\text{tahun}$$

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)	Rp930.608.000.000	815.248.000.000,00

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 2022 hingga 65.000 ton (BPS, 2023).

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 di tangki penyimpanan sedangkan bahan baku Al_2O_3 dalam bentuk padatan disimpan pada silo.

Sebelum direaksikan dengan H_2SO_4 , Al_2O_3 melalui proses *pretreatment* dengan menggunakan *Magnetic Separator* untuk menghilangkan impurities yang dapat bereaksi dengan H_2SO_4 , selanjutnya dicampurkan dengan air dan dipanaskan di *Heater Tank*. Sedangkan, H_2SO_4 juga dilewatkan Heater (HE-102) untuk mencapai kondisi isothermal di dalam Reaktor.

2.5.2 Tahap Reaksi

Larutan H_2SO_4 dari *Heater* (HE-101) dan Al_2O_3 dari *Heater Tank* (HT-101) diumpankan ke dalam Reaktor untuk direaksikan yang kemudian membentuk aluminium sulfat. Reaksi dilangsungkan di Reaktor yang dilengkapi pengaduk dan reaksi yang terjadi secara isothermal pada temperatur $172^\circ C$ tekanan 4,2 atm.

2.5.3 Tahap Pemurnian

Keluaran reaktor kemudian diturunkan suhunya menjadi $95^\circ C$ dengan dilewatkan dalam *Heater* (HE-301) dan kemudian dialirkan ke *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 dipisahkan dalam evaporator yang selanjutnya diumpankan dalam *crystalizer* untuk proses pengkristalan yang dilakukan dengan cara pendinginan pada suhu $75^\circ C$. Keluaran dari *crystalizer* berupa kristal aluminium sulfat dan *mother liquor* selanjutnya dipisahkan dengan RDVF, dimana *mother liquor* akan di-*recycle* ke *Mixpoint* (MP-301). Sebaliknya 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 $110^\circ C$. Produk kemudian disimpan di dalam silo 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 Aluminium Oksida

Aluminium oksida merupakan padatan berpori yang dibuat dengan melakukan panas atau kalsinasi dari bahan alam yang banyak mengandung Al (aluminium). 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	0.35%
SiO_2	0.01%

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 Spesifikasi 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 : H₂O
- 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 33,09%.
2. *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak 2,502 tahun.
3. *Break Even Point (BEP)* sebesar 34,77% dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 16,68%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF)* sebesar 40,85%, 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/A12O311000007189584.html?spm=a2700.8699010.29.17.3de8836a9ozg2m>
- Apriliansa, Erianty Nur., Yupi, Haiki Mart., Jaya, Allan Restu. 2022. Perencanaan Kebutuhan Air Bersih dan Jaringan Pipa Induk di Wilayah 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 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-Nonmigas-Tumbuh-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'* Diakases 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.
- 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 Penguin*.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, Sheprad. 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 Splashes* : 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., & Hemingway. 1995. *Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298,15 K and 1 Bar (10⁵ Pascals) Pressure and at Higher Temperature*. Washington: United States Government 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 (6 th 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 Chemisty*. 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 Equipment Selection and Design*. USA: University of Kansas
- Waluyo, Minto. 2010. *Manajemen Perusahaan Industri*.Sidogarjo:Dian Samudra
- Wills, Barry & Munn, Time Nopier. 2006. *Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral 7th* : Elsevier Science & Technology Books.
- 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/flow/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.