

**PRA RANCANGAN PABRIK KALIUM SULFAT DARI
ABU JANJANG KELAPA SAWIT
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Disusun oleh:

Nama : Amalia Febriyanti

Nama : Maulana Risna Darmawan

NIM : 20521217

NIM : 20521238

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK KALIUM SULFAT DARI ABU JANJANG
KELAPA SAWIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amalia Febriyanti

Nama : Maulana Risna Darmawan

NIM : 20521217

NIM : 20521238

Yogyakarta, 13 September 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka Saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini Saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan



Amalia Febriyanti

Td. Tangan



Maulana Risna Darmawan

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK KALIUM SULFAT DARI ABU JANJANG
KELAPA SAWIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR



Nama : Amalia Febriyanti

Nama : Maulana Risna Darmawan

NIM : 20521217

NIM : 20521238

Yogyakarta, 03 September 2024

Pembimbing,

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.T.

NIK. 155210506

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK KALIUM SULFAT DARI
ABU JANJANG KELAPA SAWIT DENGAN
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Amalia Febriyanti

Nama : Maulana Risna Darmawan

NIM : 20521217

NIM : 20521238

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi
Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 16 Oktober 2024

Tim Penguji

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.T.


23/10/2024

Ketua

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D



Anggota I

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng., Dr.



19/10/24

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada kesempatan kali ini penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pra rancangan Pabrik Kalium Sulfat dari Abu Janjang Kelapa Sawit Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” yang mana dilakukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, baik secara moral maupun material serta nasihat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya Tugas Akhir kami ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu. Semangat teman-teman perjuangan kita masih panjang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan serta masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang dapat membangun sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat dipahami dan bermanfaat bagi penulis maupun orang yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbilalamin dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pra rancangan pabrik ini sebagai garis akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai awal yang baru bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru.

Perjuangan saya hingga hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang sayatemui sebagi penyemangat untuk dapat menyelesaikan setiap tahap hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan untuk:

1. Pintu surgaku, Mamaku tercinta Sriyanti, kupersembahkan karya kecil ini kepada Mamah yang tiada henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta serta melangitkan doa-doanya demi kemudahan dan kelancaran penulis dalam menjalankan kehidupan perkuliahan. Terima Kasih Mah atas segala pengorbanan dan kasih tulus yang diberikan. Mah tolong hidup lebih lama lagi ya agar dapat menemani langkah kecilku menuju kesuksesan.
2. Cinta pertama dan panutanku Ayah ku tercinta Joko Prasetyo, kupersembahkan karya sederhana ini kepada Ayah sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kepada Ayah yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selemba kertas yang bertuliskan kata cinta dalam kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah

bahagia. Karna kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih.

3. Kakak dan Adikku, kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini untuk kalian. Terima Kasih telah menemani tumbuh kembang ku selama ini dan menemani suka duka kehidupanku. Terima Kasih telah memberikan semangat, inspirasi, motivasi, dan doa dalam proses penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini. Semoga kebahagiaan selalu menyertai kalian!
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Ibu berikan selama ini. Tanpa Ibu, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Ibu dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.
5. Maulana Risna Darmawan *Partner* Penelitian dan Tugas Akhir sekaligus seseorang yang tak kalah penting kehadirannya. Terima Kasih telah menjadi bagian penting dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah bersedia menjadi pendamping dalam segala hal, mendukung setiap langkah yang dilalui penulis, menjadi support system terbaik, mendengar keluh kesah, serta memberikan apresiasi dan semangat untuk pantang menyerah kepada penulis dalam proses pembuatan Laporan Tugas Akhir ini. Bersama kita telah menaklukkan berbagai tantangan dan menghasilkan karya yang membanggakan. Semoga perjalanan kita tidak berhenti di sini, tetapi menjadi awal dari kesuksesan yang lebih besar

di masa depan. Terima kasih atas dedikasi dan kerja sama yang luar biasa. Semoga Allah selalu melimpahkan kebahagiaan kepadamu!

6. Teman SMA ku, Wahyu Dwi Arifiyani, Ika Amelia Cahyaningrum, Lyra Ayukusumaningtyas. Terima kasih, atas segala hal yang telah kita lalui bersama. Terima kasih telah menemani setiap langkah ku dari SMA hingga kini. Bersama kalian, hidupku lebih berwarna dan penuh makna. Semoga persahabatan kita terus berkembang dan abadi selamanya. Kalian tak hanya teman, tapi keluargaku yang terpilih.
7. Qonitha Arifa, Tarisa Restu Sarasa, Anisah Sulistiyawati, Istiqomah, Naura Maysahaq Iman Alfian, dan M Fikri Solikhin. Anak Ambis Kimeng (AKC), terima kasih telah menemani setiap langkah di masa kuliah ku. Terima kasih atas semua kenangan yang telah kita bagi bersama. Terima kasih atas segala hal yang telah kita lalui Bersama dari tawa hingga air mata.
8. Siti Tabingah, Putri Izzatul Aulia, dan Iman Alfian. Teman Student Staff ku, Terima kasih atas segala bentuk cinta dan kasih kalian yang sangat tulus, terimakasih selalu ada memberikan arahan dan dukungan hingga saat ini. Doa senantiasa saya curahkan agar kalian sehat dan sukses dimanapun berada.

Amalia Febriyanti,

Teknik Kimia 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pra rancangan pabrik ini sebagai garis akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai awal yang baru bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru.

Perjuangan saya hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang saya temui sebagai penyemangat untuk dapat menyelesaikan setiap tahap hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua yang selalu mendengarkan keluhan saya, problematika yang saya hadapi, serta mendukung dan mendoakan selama menempuh Pendidikan Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik
2. Kepada adik saya yang selalu memberikan semangat, mendoakan dan mendukung saya untuk bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Ibu berikan selama ini. Tanpa Ibu, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Ibu dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.

4. Teruntuk seseorang yang saya kenal dari awal masuk kuliah dan yang paling saya sayangi Amalia Febriyanti. Terima kasih selalu menyempatkan waktu luang dikala kesibukannya untuk dapat menemani saya, memberikan semangat dan dukungan di setiap proses dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tidak bosan-bosannya pula mendengarkan keluh kesah saya serta memberikan saran-saran yang sangat berpengaruh. Menuntaskan Penelitian dan Tugas Akhir bersama. Terima kasih sudah memberikan perubahan baik dalam hidup saya di tiga tahun terakhir ini dan terima kasih sudah selalu menemani dikala suka maupun duka.
5. Teman-teman seperjuangan saya lapangan yang saya anggap keluarga sendiri (Zami, Zhafran, Ajil, Ardhan, Rofid, Aqil, Daryl, Angel, Renita) terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.
6. Kepada seluruh teman-teman, kakak dan adik tingkat, terima kasih atas kehadiran, perhatian dan pikiran. Tanpa adanya kalian, karya ini tidak akan memiliki cerita menarik di baliknya. Semoga karya berupa tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi semua pembacanya, sekaligus pengingat bahwa pencapaian lahir dari berbagai bentuk kontribusi orang lain.
7. Teknik Kimia UII, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah

mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin

Maulana Risna Darmawan,

Teknik Kimia 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xix
ABSTRAK	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	7
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	10
1.4 Tinjauan Pustaka	11
1.5 Pemilihan Proses	14
1.6 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	16
BAB II	20
PERANCANGAN PRODUK	20
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	20
2.2 Spesifikasi Produk.....	24
2.3 Pengendalian Kualitas	25
BAB III.....	30
PERANCANGAN PROSES.....	30
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	30
3.2 Uraian Proses	32
3.3 Spesifikasi Alat	35
3.4 Neraca Massa	65

3.5	Neraca Panas	68
BAB IV	.....	72
PERANCANGAN PABRIK	.....	72
4.1	Lokasi Pabrik	72
4.2	Tata Letak Pabrik	77
4.3	Tata Letak Mesin atau Alat Proses	84
4.4	Organisasi Perusahaan	87
BAB V	.....	102
UTILITAS	.....	102
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	104
5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>)	114
5.3	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	115
5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>).....	120
5.5	Unit Pengolahan Limbah.....	121
5.6	Spesifikasi Alat Utilitas.....	124
BAB VI	.....	133
EVALUASI EKONOMI	.....	133
6.1	Evaluasi Ekonomi	133
6.2	Penaksiran Harga Alat.....	135
6.3	Dasar Perhitungan	139
6.4	Perhitungan Biaya	140
6.5	Analisa Kelayakan	146
6.6	Analisis Resiko Pabrik	152
BAB VII	.....	156
PENUTUP	.....	156
7.1	Kesimpulan	156
7.2	Saran.....	157
DAFTAR PUSTAKA	.....	159
LAMPIRAN	.....	161

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data impor kalium sulfat di indonesia.....	8
Tabel 1.2	Perbandingan jenis proses pembuatan kalium sulfat	15
Tabel 1.3	Nilai ΔH°_f masing-masing komponen	18
Tabel 1.4	Nilai ΔG°_f masing-masing komponen.....	18
Tabel 3.1	Neraca Massa Mixer	65
Tabel 3.2	Neraca Massa Mixer	65
Tabel 3.3	Neraca Massa Filter	65
Tabel 3.4	Neraca Massa Reaktor	66
Tabel 3.5	Neraca Massa Evaporator	66
Tabel 3.6	Neraca Massa Crystalizer	67
Tabel 3.7	Neraca Massa <i>Centrifuge</i>	67
Tabel 3.8	Neraca Massa Rotary Dryer.....	67
Tabel 3.9	Neraca Massa Cyclone.....	68
Tabel 3.10	Neraca Massa Ball mill.....	68
Tabel 3.11	Neraca Panas Filter	68
Tabel 3.12	Neraca Panas Reaktor 1	69
Tabel 3.13	Neraca Panas Reaktor 2	69
Tabel 3.14	Neraca Panas Evaporator	69
Tabel 3.15	Neraca Panas Crystalizer	70
Tabel 3.16	Neraca Panas Rotary Dryer.....	70
Tabel 3.17	Neraca Panas Kondensor	70
Tabel 4.1	Luas tanah dan bangunan.....	80
Tabel 4.2	Jadwal Kerja Shift Regu	96
Tabel 4.3	Jabatan dan gaji karyawan	97
Tabel 5.1	Kebutuhan air pendingin.....	107
Tabel 5.2	Kebutuhan <i>steam</i>	108
Tabel 5.3	Total kebutuhan listrik alat proses	116
Tabel 5.4	Total kebutuhan listrik utilitas	117
Tabel 5.5	Total <i>kebutuhan listrik pabrik</i>	119
Tabel 5.6	Spesifikasi pompa utilitas	124

Tabel 5.7	Lanjutan spesifikasi pompa utilitas.....	125
Tabel 5.8	Spesifikasi bak pengendap awal	126
Tabel 5.9	Spesifikasi bak campur	126
Tabel 5.10	Spesifikasi clarifier.....	127
Tabel 5.11	Spesifikasi bak air bersih	127
Tabel 5.12	Spesifikasi bak air minum.....	128
Tabel 5.13	Cooling tower	128
Tabel 5.14	Spesifikasi tangki kation	129
Tabel 5.15	Spesifikasi tangki NaCl	129
Tabel 5.16	Spesifikasi tangki NaCl	130
Tabel 5.17	Spesifikasi tangki NaOH	130
Tabel 5.18	Spesifikasi tangki umpan boiler	131
Tabel 5.19	Spesifikasi Kondensor	131
Tabel 5.20	Spesifikasi Boiler	131
Tabel 5.21	Spesifikasi udara	132
Tabel 6.1	Indeks harga per tahun	136
Tabel 6.2	Harga alat proses	137
Tabel 6.3	Harga alat utilitas	138
Tabel 6.4	Physical Plant Cost.....	141
Tabel 6.5	Direct Plant Cost	141
Tabel 6.6	Fix Capital Investment	141
Tabel 6.7	Work Capital Investment	142
Tabel 6.8	Direct manufacturing cost	143
Tabel 6.9	Indirect manufacturing cost	144
Tabel 6.10	Fix manufacturing cost	144
Tabel 6.11	Manufacturing cost	145
Tabel 6.12	General expense	145
Tabel 6.13	Total production cost.....	145
Tabel 6.14	Fix Cost.....	148
Tabel 6.15	Regulated Cost	148
Tabel 6.16	Variable Cost.....	149
Tabel 6.17	Analisis kelayakan pabrik	151

Tabel 6.18	Identifikasi hazard pabrik	154
------------	----------------------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Hubungan antara tahun dan kebutuhan impor kalium sulfat di Indonesia berdasarkan Badan Pusat Statistika	9
Gambar 3.1	Diagram alir kualitatif	30
Gambar 3.2	Diagram alir kuantitatif	31
Gambar 4.1	Rencana lokasi pendirian pabrik	73
Gambar 4.2	Gambar tata letak pabrik	79
Gambar 4.3	Gambar tata letak alat proses.....	86
Gambar 4.4	Gambar organisasi perusahaan	87
Gambar 5.1	Diagram alir utilitas	103
Gambar 6.1	Analisis biaya per kapasitas.....	152

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Perancangan Reaktor	161
Lampiran B	<i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD).....	181
Lampiran C	Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik.....	183

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	:	<i>Temperature</i> , °C
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, psia
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m ³
Q	:	Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	:	Luas Penampang, m ²
V	:	Volume, m ³
t	:	Waktu, jam
M	:	Massa, Kg
Fv	:	Laju Volumetrik, m ³
R	:	Jari- jari, in
P	:	<i>Power motor</i> , Hp
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	:	<i>Pressure drop</i> , psia
ID	:	<i>Inside</i> diameter, in
OD	:	<i>Outside</i> diameter, in
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold

f	:	<i>Allowable stress</i> , psia
icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> HE, Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tatapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m ³ /jam
Sg	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Indonesia termasuk negara agraris dimana sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Melihat prospek dibidang perkebunan dan pertanian yang terus meningkat dimasa yang akan datang maka kebutuhan pupuk juga akan meningkat. Tugas akhir ini membahas perancangan pabrik kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Kalium sulfat merupakan sumber kalium dalam pertanian, terutama untuk tanaman yang peka terhadap klorida. Pupuk kalium sulfat (K_2SO_4) mengandung unsur kalium (K) yang sangat diperlukan dalam proses menyuburkan tanaman. Kalium (K) berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama. Sedangkan, Abu janjang kelapa sawit mengandung banyak unsur kalium sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Selama ini tandan kosong merupakan limbah padat organik dari pabrik sawit yang limbahnya diareal pabrik sawit merupakan kendala karena volumenya amat besar. Dengan demikian, pabrik ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi limbah abu janjang kelapa sawit. Pabrik ini direncanakan di Kawasan Manyar, Gresik. Evaluasi ekonomi menunjukkan tingkat pengembalian investasi (ROI) sebesar 18% sebelum pajak dan 14% setelah pajak. Analisa kelayakan menunjukkan bahwa pabrik ini layak secara teknis dan ekonomis. Dengan demikian, tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan industri kimia di Indonesia dan meningkatkan efisiensi produksi kalium sulfat.

Kata Kunci : Kalium Sulfat, Abu Janjang Kelapa Sawit, Kalium Oksida, Pupuk Kalium.

ABSTRACT

Indonesia is an agricultural country where the majority of the population makes their living as farmers. Seeing that the prospects in the plantation and agricultural sectors continue to increase in the future, the need for fertilizer will also increase. This final project discusses the design of a potassium sulfate factory from palm oil ash with a capacity of 10,000 tons/year. Potassium sulfate is a source of potassium in agriculture, especially for plants that are sensitive to chloride. Potassium sulfate fertilizer (K_2SO_4) contains the element potassium (K) which is very necessary in the process of fertilizing plants. Potassium (K) functions to stimulate root growth and increase plant resistance to disease and pests. Meanwhile, oil palm ash contains a lot of potassium so it can be used to increase plant growth and productivity. So far, these empty bunches are organic solid waste from palm oil mills, the waste in the palm oil mill area is a problem because the volume is very large. In this way, it is hoped that this factory can increase production efficiency and reduce palm kernel ash waste. This factory is planned in the Manyar area, Gresik. The economic evaluation shows a return on investment (ROI) of 18% before tax and 14% after tax. Feasibility analysis shows that this plant is technically and economically feasible. Thus, it is hoped that this final project can contribute to the development of the chemical industry in Indonesia and increase the efficiency of potassium sulfate production.

Keywords : Potassium Sulfate, Palm Oil Ash, Potassium Oxide, Potassium Fertilizer.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan industri di Indonesia sampai saat ini terus berkembang. Secara umum, industri kimia menunjukkan kenaikan produksi yang cukup baik. Hal tersebut dimungkinkan adanya perluasan kapasitas produksi beberapa pabrik dan pembangunan pabrik-pabrik kimia baru, dan makin meningkatnya permintaan pasar terutama pasar ekspor. Seiring dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) berkembang pula industri-industri, khususnya industri kimia. Salah satu produk yang cukup besar permintaannya adalah kalium sulfat.

Indonesia termasuk negara agraris dimana sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Hal tersebut menyebabkan dari tahun ke tahun bidang perkebunan dan pertanian di Indonesia terus mengalami perkembangan. Kebutuhan pupuk juga meningkat untuk menjaga pertumbuhan tanaman di kedua bidang tersebut. Melihat prospek di bidang perkebunan dan pertanian yang terus meningkat maka dimasa yang akan datang selain kebutuhan pupuk yang meningkat maka harga-harga dari pupuk tersebut akan semakin mahal terutama untuk pupuk jenis tertentu yang masih diimpor. Kebutuhan pupuk bagi tanaman sangatlah penting karena pupuk akan mengubah sifat fisik, kimia atau biologi tanah sehingga menjadi lebih baik bagi

pertumbuhan tanaman (Bolandnazar dkk., 2012). Salah satu produk yang cukup besar permintaannya adalah kalium sulfat.

Kalium sulfat merupakan sumber kalium dalam pertanian, terutama untuk tanaman yang peka terhadap klorida. Kalium sulfat juga merupakan sumber belerang terlarut, komponen penting pupuk, tetapi dalam jumlah yang lebih rendah daripada kalium. Pupuk kalium sulfat (K_2SO_4) mengandung unsur kalium (K) yang sangat diperlukan dalam proses menyuburkan tanaman. Kalium (K) berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama. Walaupun K_2SO_4 bukan merupakan jenis pupuk yang utama dalam bidang perkebunan dan pertanian, namun kebutuhannya masih sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil yang diperoleh.

Pabrik yang menghasilkan pupuk K_2SO_4 di Indonesia berasal dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi sebanyak 20.000 ton/tahun. Berdasarkan data impor yang ada, kebutuhan pupuk K_2SO_4 cukup tinggi. Selain itu permintaan pupuk K_2SO_4 dari negara-negara lainnya seperti USA, Belgium, Pakistan, Afrika Selatan dan Perancis cukup besar pula. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik K_2SO_4 di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia dan dapat direncanakan untuk diekspor ke luar negeri.

1.1.1 Potensi Abu Janjang Kelapa Sawit

Abu janjang kelapa sawit mengandung banyak unsur kalium sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan

produktivitas tanaman. Janjang kosong atau tandan kosong kelapa sawit berasal dari tandan buah segar (TBS) setelah buah dirontokkan.

Tandan kosong ini merupakan limbah padat organik dari pabrik sawit. Pembuangan limbah ini di area pabrik sawit merupakan kendala karena volumenya amat besar, sehingga dalam pengakumulasiannya membutuhkan area yang luas. Untuk mengatasi masalah ini dilakukan pembakaran tandan kosong tersebut dalam incinerator (tanur) yang dibangun di sekitar pabrik. Abu tandan kosong dari hasil pembakaran ini lebih mudah diakumulasikan, biaya angkut lebih murah dan tidak membutuhkan tempat yang luas. Akumulasi abu tandan kosong tersebut juga mengalami kesulitan karena produksinya setiap hari yang terus bertambah untuk mengatasinya, abu janjang ini telah dianjurkan digunakan sebagai pupuk. Abu janjang kelapa sawit merupakan alternatif pilihan sebagai pupuk kalium karena mengandung K_2O sebanyak 35-40% dan harganya jauh lebih murah dibanding KCl maupun pupuk K lainnya.

Menurut Wibisono (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa hasil analisis Abu Janjang Kelapa Sawit (AJKS) di Laboratorium Ilmu Tanah Unib, yang berasal dari janjang sawit di PT Bio Nusantara Bengkulu Utara menunjukkan bahwa kandungan K sebesar 26,3% dan P sebesar 13,74%. Kemudian menurut Pahan (2007) unsur hara yang terkandung dalam abu janjang kelapa sawit

yaitu K_2O sebesar 35-47%; P_2O sebesar 3,5%; MgO sebesar 6-9,5%; CaO sebesar 4-6% serta unsur hara mikro.

Beberapa hasil analisis mengenai kandungan zat-zat dalam abu janjang kelapa sawit maka dapat dikatakan bahwa kandungan K_2O dalam abu janjang kelapa sawit sangat besar dan sangat efektif apabila dimanfaatkan dalam membuat pupuk kalium sulfat untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah janjang kosong kelapa sawit dan mengatasi permasalahan keberadaan pupuk kalium di Indonesia.

1.1.2 Kebutuhan Kalium Sulfat

Pupuk adalah salah satu faktor produksi yang memegang peranan penting dalam meningkatkan produksi komoditi pertanian, sehingga pupuk menjadi kebutuhan pokok bagi petani dalam menjalankan usaha taninya. Seringkali petani mengalami kesulitan modal untuk penyediaan sarana produksi ini akibat harga pupuk mahal dan terkadang sering terjadi kelangkaan pupuk. Kondisi ini mendorong petani melakukan efisiensi penggunaan pupuk dan mulai mencari sumber pupuk alternatif yang murah dan mudah dicari. Pupuk kalium merupakan salah satu jenis pupuk yang dibutuhkan oleh Sebagian besar petani di Indonesia, karena kebanyakan unsur hara kalium di dalam tanah masih relatif kecil.

Pupuk kalium termasuk ke dalam golongan pupuk tunggal yang sering digunakan petani dalam upaya meningkatkan pertumbuhan tanaman budidayanya. Berbagai bentuk dan jenis unsur kalium dapat

ditemui, hanya saja meski bentuk dan jenisnya berbeda, pupuk-pupuk kalium tersebut sama-sama berfungsi untuk mencukupi kebutuhan unsur hara K di dalam tanah, karena unsur hara K yang terkandung di dalam pupuk kalium dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman. Di pasaran, ketersediaan pupuk kalium masih sangat dibutuhkan oleh tanaman Walaupun ketersediaan pupuk kalium sulfat terbatas di Indonesia, namun pupuk kalium ini dapat dibuat dengan memanfaatkan tumbuhan yang mengandung banyak unsur hara kalium.

Berdasarkan dengan pertimbangan kebutuhan kalium sulfat di Indonesia, maka pabrik kalium sulfat ingin didirikan di Indonesia dengan beberapa alasan seperti berikut:

- a. Sebagai negara agraris dimana sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani, pupuk merupakan sarana penunjang pertanian yang penting, yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pertanian, salah satu di antaranya adalah pupuk Kalium Sulfat (K_2SO_4).
- b. Melihat prospek dibidang perkebunan dan pertanian yang terus meningkat maka dimasa yang akan datang selain kebutuhan pupuk yang meningkat maka harga-harga dari pupuk tersebut akan semakin mahal terutama untuk pupuk jenis Kalium Sulfat (K_2SO_4) yang masih diimpor.

- c. Berdasarkan data impor yang ada, kebutuhan pupuk K_2SO_4 di Indonesia cukup tinggi.
- d. Berdasarkan data impor beberapa negara, permintaan pupuk K_2SO_4 dari negara-negara lainnya seperti USA, Belgium, Pakistan, Afrika Selatan dan Perancis cukup besar pula.
- e. Dengan didirikannya pabrik ini, diharapkan dapat mendorong perkembangan industri di Indonesia khususnya dalam sektor pertanian dan perkebunan secara umum.
- f. Pabrik yang menghasilkan pupuk K_2SO_4 di Indonesia hanya berasal dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi sebanyak 20.000 ton/tahun.
- g. Pendirian pabrik kalium sulfat ini akan menjadi salah satu pemasok pupuk ZK di Indonesia sehingga akan memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi jumlah impor yang berarti menghemat devisa negara.
- h. Pendirian pabrik kalium sulfat dapat menambah jumlah produk pupuk ZK dalam pasar sehingga mempermudah konsumen mendapatkan pupuk dengan lebih mudah.
- i. Dari segi sosial dan ekonomi dengan adanya pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja dan secara tidak langsung meningkatkan perekonomian masyarakat.

Dengan meninjau hal-hal yang telah disebutkan diatas, serta belum terpenuhinya kebutuhan kalium sulfat di Indonesia, menjadi

pertimbangan penting dalam pendirian pabrik kalium sulfat di Indonesia. Dimana pendirian pabrik kalium sulfat ini adalah ide yang perlu dikaji lebih dalam sebagai perencanaan yang bisa menguntungkan kedepannya. Mengingat pentingnya ketersediaan jenis pupuk ini bagi petani dalam jumlah yang cukup dan harga yang terjangkau, maka perlu dikembangkan suatu pemikiran untuk membuat pupuk kalium sulfat alternatif yang berkualitas sesuai standar nasional dengan memanfaatkan bahan baku yang berlimpah, harga murah, dan ramah lingkungan. Salah satunya yaitu membuat pupuk kalium sulfat dari abu jenjang kelapa sawit, karena ditinjau dari segi lingkungan bahwa abu jenjang kelapa sawit banyak tersedia dan mudah sekali didapat sehingga akan lebih bermanfaat apabila diolah menjadi pupuk kalium sulfat.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi merupakan hal yang sangat penting dalam pendirian pabrik, karena dapat mempengaruhi terhadap aspek teknis maupun ekonomis pada desain pabrik. Adapun pertimbangan dalam menentukan kapasitas produksi suatu pabrik yaitu melalui analisis *supply* (penawaran) dan *demand* (permintaan) yang meliputi data produksi, konsumsi, ekspor dan impor. Beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan saat menentukan kapasitas desain pabrik asam adipat. Untuk memenuhi kebutuhan asam adipat dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara lain. Data statistik dalam 7

tahun terakhir menunjukkan bahwa kebutuhan asam adipat dalam negeri terus meningkat.

a. *Supply*

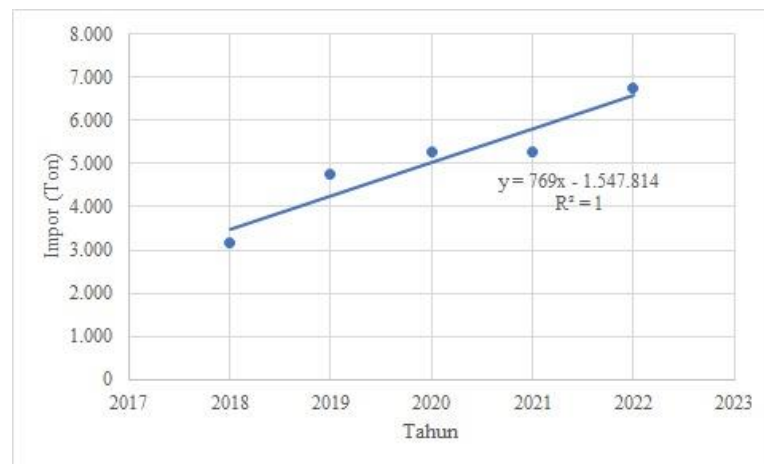
Kebutuhan kalium sulfat, di Indonesia yang semakin meningkat, dikarenakan kegunaannya pada sektor pertanian. Penentuan kapasitas Kalium Sulfat, berdasarkan kebutuhannya di Indonesia, meliputi jumlah impor per tahun, serta jumlah impor kalium sulfat pada beberapa negara luar. Data impor kalium sulfat di Indonesia dari tahun 2018 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data impor kalium sulfat di indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2018	3152,819
2019	4736,435
2020	5272,57
2021	5258,922
2022	6735,252

Sumber: Badan Pusat Statistika, 2023

Dari data BPS di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan kalium sulfat di Indonesia cukup tinggi. Sehingga apabila digambarkan dalam grafik, kebutuhan kalium sulfat hubungan antara jumlah impor kalium sulfat dan tahun impor sebagai berikut:



Gambar 1.1 Hubungan antara tahun dan kebutuhan impor kalium sulfat di Indonesia berdasarkan Badan Pusat Statistika

Berdasarkan data impor diatas, maka masih perlu didirikannya pabrik kalium sulfat di Indonesia guna memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan menghemat devisa negara. Dengan menggunakan metode regresi least square, maka didapat persamaan linier untuk mencari kebutuhan pada tahun tertentu dengan persamaan:

$$y = 768,74x - 1.547.814 \quad (1.1)$$

Keterangan :

y = kebutuhan impor (ton/tahun)

x = tahun ke-n

Sehingga apabila dihitung akan mendapatkan data impor kalium sulfat pada tahun 2026 sebagai berikut:

$$y = 768,74x - 1.547.814$$

$$y = 768,74 (2026) - 1.547.814$$

$$y = 9653,24 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2026, sehingga diperkirakan jumlah kebutuhan pada tahun 2026 adalah sebesar 9653,24 ton/tahun.

b. *Demand*

Maka, kapasitas pabrik yang direncanakan sebesar 9653,24 ton/tahun $\approx$ 10.000 ton/tahun. Berdasarkan penjelasan diatas, pabrik kalium sulfat didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Diharapkan dengan adanya pabrik K_2SO_4 ini dapat mencukupi kebutuhan K_2SO_4 di dalam negeri sehingga tidak perlu lagi mengimpornya dari negara lain.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Janjang kosong atau tandan kosong kelapa sawit berasal dari tandan buah segar (TBS) setelah buah dirontokkan. Tandan kosong ini merupakan limbah padat organik dari pabrik sawit. Pembuangan limbah ini di area pabrik sawit merupakan kendala karena volumenya amat besar, sehingga dalam pengakumulasiannya membutuhkan area yang luas. Untuk mengatasi masalah ini dilakukan pembakaran tandan kosong tersebut dalam incinerator (tanur) yang dibangun di sekitar pabrik. Abu tandan kosong dari hasil pembakaran ini lebih mudah diakumulasikan, biaya angkut lebih murah dan tidak membutuhkan tempat yang luas. Akumulasi abu tandan kosong tersebut juga mengalami kesulitan karena produksinya setiap hari yang terus bertambah untuk mengatasinya, abu janjang ini telah dianjurkan digunakan sebagai pupuk. Abu janjang kelapa sawit merupakan alternatif pilihan sebagai pupuk kalium

karena mengandung K_2O sebanyak 35-40% dan harganya jauh lebih murah dibanding KCl maupun pupuk K lainnya.

Beberapa hasil analisis mengenai kandungan zat-zat dalam abu janjang kelapa sawit maka dapat dikatakan bahwa kandungan K_2O dalam abu janjang kelapa sawit sangat besar dan sangat efektif apabila dimanfaatkan dalam membuat pupuk kalium sulfat untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah janjang kosong kelapa sawit dan mengatasi permasalahan keberadaan pupuk kalium di Indonesia.

1.4 Tinjauan Pustaka

Kalium sulfat merupakan salah satu sumber kalium di bidang agrikultural, terutama bagi tanaman pertanian yang sensitif terhadap klorida. Kalium sulfat juga merupakan sumber sulfur terlarut, yang juga merupakan salah satu elemen penting dalam pupuk meskipun jumlahnya masih lebih sedikit dibandingkan kalium. Selama ini kandungan kalium dan sulfur dalam pupuk diperoleh dari dekomposisi ganda KCl dengan beberapa garam yang mengandung $MgSO_4$ seperti kainite ($KMg(SO_4)Cl \cdot 3H_2O$), langbeinite ($K_2Mg_2(SO_4)_3$), leonite ($K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$) dan schoenite ($K_2MgO_8S_2$).

Kalium sulfat (K_2SO_4) telah dikenal sejak awal abad ke-14 dan telah diteliti oleh Glauber, Boyle dan Tachenius. Kalium sulfat pertama kali dibuat secara tradisional di Amerika Serikat yang diberi nama “Mannheim Process” dan digunakan di beberapa negara yang memproduksi KCl dan mempunyai garam-garam dari sumber alamnya. Pada proses ini, kalium klorida bereaksi

dengan asam sulfat menghasilkan kalium sulfat sebagai produk utama dan HCl sebagai produk samping. Proses lain yang menghasilkan HCl sebagai produk samping adalah proses hargreaves. Pada proses tersebut, gas SO₂ panas dari sulfur burner direaksikan dengan uap air dan udara.

Penggunaan yang mendasar kalium sulfat adalah sebagai pupuk. K₂SO₄ tidak mengandung klorida dimana bersifat dapat membahayakan beberapa tanaman. Kalium sulfat biasanya digunakan pada tanaman tembakau, beberapa buah, dan sayuran. Tanaman yang kurang sensitif mungkin masih memerlukan sulfat untuk pertumbuhan optimal bila tanah mengakumulasi klorida dari air irigasi.

Proses pembuatan kalium sulfat dapat dilakukan dengan beberapa proses. Untuk menentukan proses yang paling menguntungkan, dapat ditinjau dari beberapa proses pembuatan kalium sulfat, antara lain:

a. Dekomposisi KCl dengan (NH₄)₂SO₄

Reaksi yang terjadi: $2 \text{KCl} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_4\text{Cl}$

Kalium sulfat dihasilkan dari mereaksikan ammonium sulfat dan kalium klorida pada suhu 30 – 40°C. Produk berupa slurry yang mengandung double salt K₂SO₄.(NH₄)₂SO₄, dan kemudian direaksikan kembali dengan larutan encer yang mengandung kalium klorida pada suhu sekitar 30°C untuk menghasilkan slurry yang mengandung kalium sulfat. Slurry dipisahkan pada proses pemisahan padat-cair sehingga didapatkan kristal K₂SO₄ dengan ukuran sekitar 20 – 150 mesh.

(Mubarak, 2018)

b. Proses Mannheim dengan Mencampur Langsung KCl dengan H_2SO_4

Proses Mannheim semula digunakan untuk memproduksi natrium sulfat. Proses ini menggunakan furnace Mannheim yang berupa bejana silindris yang memiliki 2 ruang bakar, yaitu combustion chamber dan reaction chamber. Temperatur operasi furnace Mannheim adalah sebesar 600-700°C. Reaksi yang terjadi adalah:

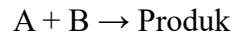
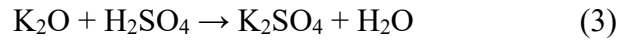


Reaksi tahap pertama bersifat eksotermis dan terjadi pada temperatur yang rendah, sedangkan reaksi tahap kedua bersifat endotermis dan berlangsung pada temperatur 550-600°C. Produk K_2SO_4 selanjutnya didinginkan di cooling drum. Residu H_2SO_4 dinetralkan dengan penambahan $Ca(OH)_2$ dan $CaCO_3$ sedangkan byproduct HCl yang terbentuk didinginkan di graphite heat exchanger dan selanjutnya dilakukan absorpsi 2 tahap dengan air. Secara umum, proses mannheim digunakan dalam mendirikan pabrik kalium sulfat. Tetapi proses mannheim memiliki beberapa kerugian:

1. Membutuhkan biaya produksi tinggi
2. Suhu reaksi tinggi ($> 500^\circ C$)
3. Banyak problem pada material (korosi, dll)

(Mubarak, 2018)

c. Pembuatan Kalium Sulfat dengan K₂O



Penelitian pembentukan kalium sulfat dari ekstrak abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat telah dilakukan. Reaksi pembuatan kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat dijalankan pada berbagai suhu yaitu pada rentang 50°C hingga 90°C dengan tekanan 1 atm, dengan variabel waktu 40 hingga 80 menit. Pada penelitian ini menggunakan reaksi orde II dengan persamaan Arrhenius $k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T}$ dimana reaksi orde II ini menyatakan semakin lama waktu reaksi semakin besar pula konversi kalium sulfat yang terbentuk. Demikian pula, semakin tinggi suhu reaksi maka semakin besar pula konversi kalium sulfat yang terbentuk. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh kondisi terbaik dalam pembentukan kalium sulfat dari ekstrak abu janjang kelapa sawit dan asam sulfat yaitu pada kondisi operasi suhu 90°C selama 80 menit dengan konversi 93,01%. (Mierna, A. ,2020).

1.5 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses dipertimbangkan beberapa faktor seperti bahan baku yang digunakan, kondisi operasi, konversi, reaksi, hasil samping, serta utilitas nya. Berdasarkan faktor-faktor tersebut diperoleh perbandingan proses seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1.2 Perbandingan jenis proses pembuatan kalium sulfat

No	Parameter	Proses		
		Dekomposisi Amonium Sulfat dengan Kalium Klorida	Manheim	Kalium Oksida dan Asam Sulfat
1	Bahan Baku	Amonium Sulfat dan Kalium Klorida	Asam Sulfat dan Kalium Klorida	Kalium Oksida dan Asam Sulfat
2	Kondisi Operasi	T: 60°C	T: 600-700°C	T: 90°C
3	Konversi	93%	95%	93%
4	Yield	79%	95%	-
5	Reaksi	Endotermis	Reaksi 1: Eksotermis Reaksi 2: Endotermis	Endotermis
6	Hasil Samping	Ammonium Klorida	HCl 32%	H ₂ O
7	Utilitas	<i>Steam</i> , Listrik, Air	<i>Steam</i> , Listrik, Air, Fuel Oil	<i>Stream</i> , Listrik, Air
8	Ekonomi	- Kalium sulfat yang dihasilkan dari proses ini mengandung pengotor seperti sisa amonium klorida. - Pemisahan dan pemurnian kalium sulfat bisa menjadi tantangan yang meningkatkan biaya tambahan, terutama untuk kemurnian tinggi.	- Proses ini paling umum tetapi penanganan gas HCl menambah biaya. - Ketersediaan kalium klorida yang luas membuat bahan bakunya relatif murah.	- Proses ini lebih sederhana karena tidak menghasilkan produk samping yang berbahaya. - Untuk biaya bahan baku relative murah karena menggunakan abu janjang kelapa sawit.

Dari ketiga proses pembuatan kalium sulfat yang telah diuraikan di atas, maka dipilih proses pembuatan kalium sulfat dari kalium oksida dengan asam sulfat. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah:

- Konversi kalium sulfat cukup tinggi yaitu 93%.
- Tidak menggunakan suhu yang sangat tinggi
- Harga K₂O jauh lebih murah dibanding KCl maupun unsur K lainnya

1.6 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

Tinjauan kinetika dan termodinamika diperlukan agar reaksi dapat berlangsung sesuai dengan kondisi dan konversi yang diinginkan.

1.6.1 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia. Perhitungan nilai kinetika dilakukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius.

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\ln k = \ln Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots (3)$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R}\right) \left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

A = Faktor Arrhenius

E_a = Energi Aktivasi

T = Temperature (K)

Berdasarkan persamaan yang sudah diperoleh, selanjutnya data nilai faktor frekuensi, energi aktivasi, dan suhu reaksi dimasukkan kedalam persamaan (1) Arrhenius, sehingga diperoleh:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T}$$

$$k = 13,0776$$

Dimana:

K = Konstanta laju reaksi

A = Faktor frekuensi

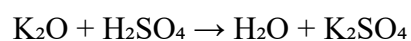
E_a = Energi aktivasi (Kj.mol)

R = Konstanta gas (J/mol.K)

T = Suhu (K)

1.6.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi berupa eksotermis ataupun endotermis, untuk mengetahui apakah termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui melalui harga entalpi yang terbentuk selama reaksi. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



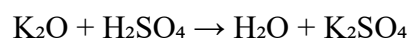
Data panas pembentukan (ΔH°_f) pada 298K pada setiap komponen diperoleh dari buku “*Chemical Properties Handbook*” adalah sebagai berikut: (Yaws, 1999)

Tabel 1. 3 Nilai ΔH°_f masing-masing komponen

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)
K ₂ O	-232,6
H ₂ SO ₄	-730,2
H ₂ O	-240,6
K ₂ SO ₄	-435,3

Sumber: Yaws, 1999

Menentukan perubahan entalpi (ΔH°_R) dari panas pembentukan (ΔH°_f) 298K.



$$\begin{aligned}
 \Delta H^\circ_{R(298K)} &= \Sigma H^\circ_f \text{ produk} - \Sigma H^\circ_f \text{ Reaktan} \\
 &= (-240,6 + -435,3) - (-232,6 + (-730,2)) \\
 &= 286,9 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

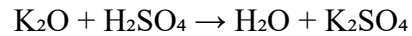
$\Sigma \Delta H^\circ_{R(298K)}$ bernilai positif, sehingga reaksi berlangsung secara eksotermis.

Data Panas Pembentukan (ΔG°_f) pada 298 K pada setiap komponen diperoleh dari buku “*Chemical Properties Handbook*” adalah sebagai berikut: (Yaws, 1999).

Tabel 1. 4 Nilai ΔG°_f masing-masing komponen

Komponen	ΔG°_f (kJ/mol)
K ₂ O	-233,76
H ₂ SO ₄	-653,47
H ₂ O	-228,6
K ₂ SO ₄	-408,5

Menentukan perubahan entalpi (H°_R) dari panas pembentukan (H°_G)
298K



$$\begin{aligned} G^\circ_{R(298^\circ\text{K})} &= \Sigma G^\circ_f \text{produk} - \Sigma G^\circ_f \text{Reaktan} \\ &= ((-408,5) + (-228,6)) - ((-233,76) + (-653,47)) \\ &= 250,13 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298K dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \ln K_1 &= \frac{-\Delta G}{RT} \\ &= \frac{-(250130)}{8,314 \times 298} \\ &= -99,77 \\ &= e^{99,77} \\ &= 1,14047 \end{aligned}$$

Karena nilai kesetimbangan lebih dari >1 , sehingga reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible*.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Kalium Oksida

a. Sifat Fisika

1. Wujud : Padatan
2. Warna : Kuning pucat
3. Bau : Tak berbau
4. Densitas : 2.32 g/cm^3 (20°C)
5. Titik lebur : 740°C (1.360°F ; 1.010 K) terdekomposisi dari 300°C

b. Sifat Kimia

1. Rumus kimia : K_2O
2. Massa molar : $94,20 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
3. Kelarutan dalam air : Bereaksi membentuk KOH
4. Higroskopisitas : Penyerapan air yang tinggi

(Perry ed. 7, hal. 2-22)

2.1.2 Asam Sulfat

a. Sifat Fisika

1. Wujud : Cair
2. Warna : Tidak berwarna
3. Densitas standar (45°C) : $1,8 \text{ g/cm}^3$

- 4. Titik leleh : 10,31°C
- 5. Titik didih : 336,85°C
- 6. Kadar : 98,5%

b. Sifat Kimia

- 1. Rumus molekul : H_2SO_4
- 2. Berat molekul : 98,08 g/mol
- 3. Kelarutan dalam air : 106 mg/l (25°C)

(Sander, 1983)

2.2 Spesifikasi Produk

2.2.1 Produk Utama

a. Kalium Sulfat

1. Sifat Fisika

- a) Wujud : Padatan
- b) Warna : Putih
- c) Densitas : 2,662 kg/m³
- d) Titik lebur : 1069°C
- e) Titik Didih : 1689°C
- f) Rasa : Garam sedikit pahit
- g) Bau : Tidak berbau

2. Sifat Kimia

- a) Rumus Molekul : K_2SO_4
- b) Berat molekul : 174,25 g/mol

- c) Kelarutan : 11,5 g/L pada suhu 30°C
- d) Kandungan : K₂O 48 hingga 53% ; S 17 hingga 18%

(Perry ed. 7, hal. 2-22)

2.2.2 Produk Samping

a. Air

1. Sifat Fisika

- a) Wujud : Cair
- b) Warna : Tidak berwarna
- c) Densitas : 1 g/ml
- d) Titik Didih : 100°C
- e) Titik Beku : 0°C
- f) Temperatur Kritis : 347,1°C
- g) Tekanan Kritis : 218,3 atm

2. Sifat Kimia

- a) Rumus Molekul : H₂O
- b) Berat Molekul : 18 g/mol

(Perry ed. 7, hal. 2-22)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada perancangan pabrik kalium sulfat meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses dan pengendalian kualitas produk. Produksi harus dilakukan dengan pengawasan

dan pengendalian untuk memperoleh produk yang sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan berdasarkan langkah-langkah proses yang ada.

Kegiatan dalam proses produksi harus menghasilkan produk yang bermutu baik, sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Sehingga diperlukan pengendalian proses dengan waktu pemroduksian produk yang berjalan sesuai dengan jadwal yang ada.

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai atau tidak untuk memperoleh produk yang diinginkan, berdasarkan beberapa pertimbangan terkait bahan baku yang tersedia dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam proses. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian terkait pengujian kualitas bahan baku untuk proses produksi pada Kalium Oksida, Asam Sulfat, Kalium Sulfat dan Air. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui bahan yang digunakan untuk memproduksi produk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam pabrik.

Analisa laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat kontrol untuk memantau kualitas bahan baku yang digunakan. Tujuan dari dilakukannya analisa bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan baku yang tidak sesuai, sehingga dapat dilakukan pengembalian kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses produksi dilakukan dengan meninjau aliran melalui alat yang berfungsi sebagai kontrol sistem. Pusat pengawasan pengendalian operasi dilakukan di *control room* dengan metode *automatic control* dengan menggunakan indikator. Sehingga dapat mendeteksi kesalahan dan penyimpangan dalam proses produksi melalui indikator yang sudah di *set*, seperti *flow rate*, *temperature control*, *level control*, dan *pressure control*. Sinyal tersebut akan terdeteksi dengan adanya tanda yang diberikan melalui bunyi alarm, nyala lampu dan jenis sinyal lainnya. Apabila terjadi kesalahan atau penyimpangan, maka perlu dilakukan pengembalian kondisi seperti awal yang dapat dilakukan secara otomatis maupun manual. Alat kontrol yang harus di *set* pada kondisi tertentu antara lain adalah:

1. *Flow control*

Flow control adalah alat yang digunakan untuk mengelola aliran masuk dan juga aliran keluar sehingga tidak terlalu cepat ataupun tidak terlalu lambat.

2. *Temperature control*

Temperature control adalah alat yang digunakan untuk mengelola batasan nilai suhu dengan menggunakan *set point*. Dimana setiap perubahan suhu yang terjadi akan terdeteksi, dan pada aliran energi panas kedalam dan keluar diatur untuk mencapai suhu yang diinginkan.

3. *Level control*

Level control adalah alat yang digunakan pada alat seperti tangki yang berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan cairan yang berada didalam tangki sehingga tinggi cairan tidak melebihi batas maksimum yang ditetapkan.

4. *Pressure control (Valve)*

Pressure control adalah alat yang digunakan untuk mengetahui dan juga mengendalikan tekanan pada operasi berdasarkan tekanan operasi yang sudah ditetapkan pada alat.

Pengendalian proses juga dilakukan pada suatu harga sehingga dihasilkan produk yang memenuhi standar yang telah ditetapkan. Maka diperlukan pengendalian mutu untuk mengetahui bahan baku yang digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, dan perlu diadakan pengawasan serta pengendalian produksi setelah perencanaan produksi dan juga proses produksi sehingga proses produksi berjalan dengan baik. Secara umum pengendalian kualitas mutu dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, antara lain adalah:

1. Pengawasan proses secara langsung

Pengawasan dilakukan dengan *team quality control* secara langsung dengan mengamati setiap proses yang berjalan, dengan memperhatikan perlakuan pada aliran bahan baku dan juga alat produksi.

2. Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Pengendalian proses secara otomatis dilakukan dengan mengamati mesin produksi yang bekerja misalnya pada saat tekanan terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, aliran material dalam alat dan lain-lain. Sehingga apabila terjadi kesalahan atau penyimpangan terhadap bahan baku selama terjadinya proses produksi, maka alat akan berhenti secara otomatis.

3. Pengawasan kondisi parameter mesin

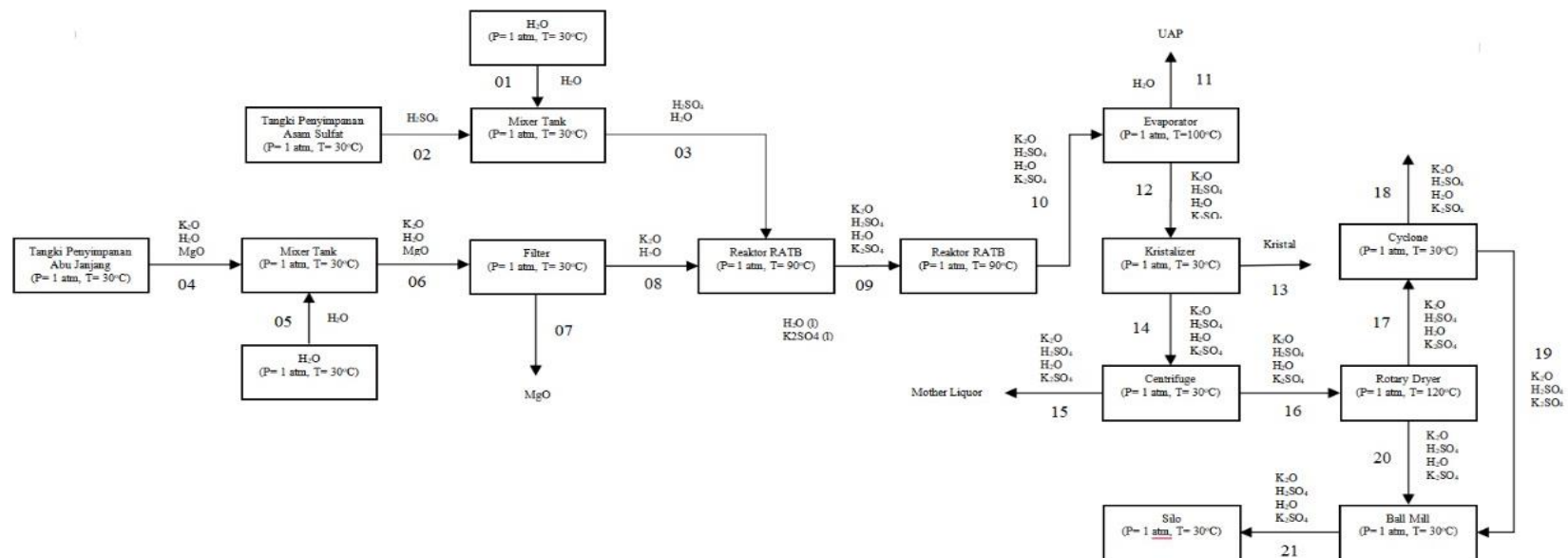
Pengawasan proses ini mengutamakan parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Sehingga apabila terjadi kesalahan atau ada yang tidak memenuhi standar maka perlu dilakukan ulang *setting* mesin agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

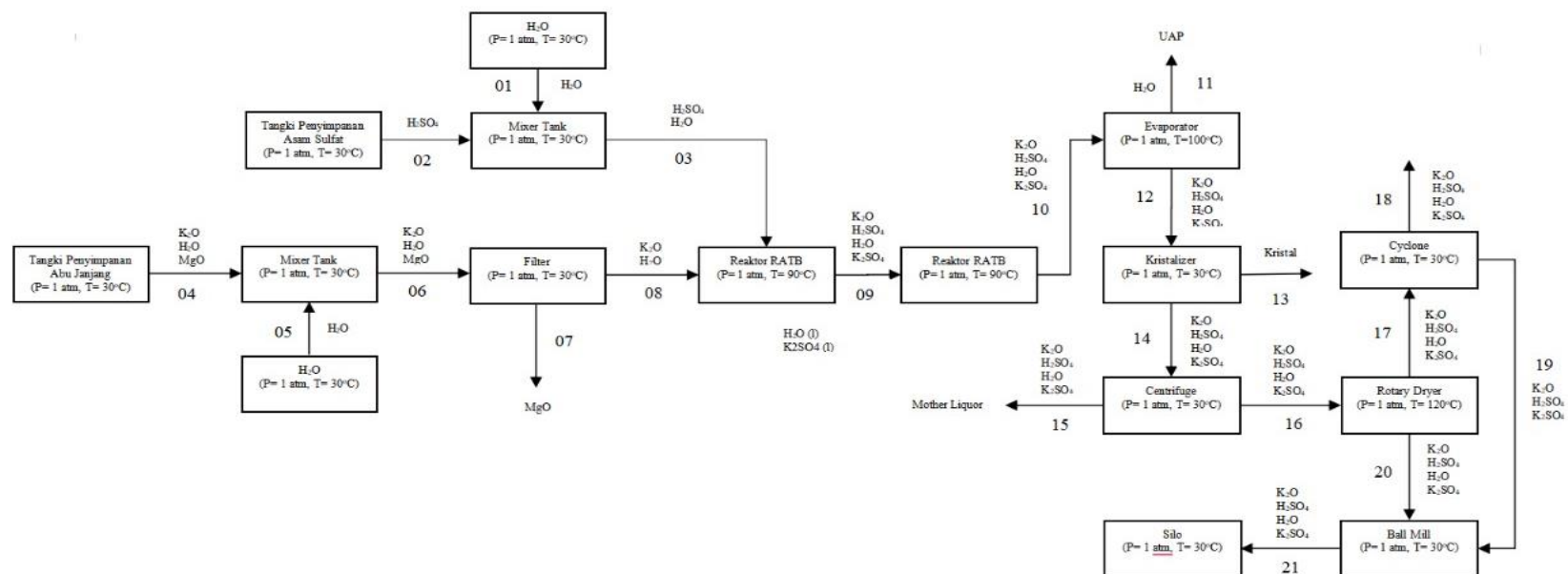
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.3.1 Diagram alir kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif

3.3.2 Diagram Alir Kuantitatif



NERACA MASSA (Kg/Jam)																					
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
K ₂ O	0	0	0	0	0	707,0707	707,0707	707,0707	49,4949	49,4949	0	49,4949	49,4949	48,5051	0,9899	0,0198	0,0002	0,0196	0,9701	0,9987	1,0418
H ₂ SO ₄	0	0	0	1237,374	1237,374	0	0	0	551,816	551,816	0	551,816	551,816	540,7797	11,0363	0,2207	0,0022	0,2185	10,8156	11,0341	11,6149
H ₂ O	3156,469	1561,124	1595,345	1586,377	1586,377	1911,002	1911,002	37,2142	1749,51	1749,51	1749,51	615,9037	615,9037	603,5856	12,3181	6,2126	6,2126	0	6,1055	30,1711	31,7591
K ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	1217,215	1217,215	0	1217,215	1217,215	1,7777	1215,437	24,3087	0,2431	24,0657	1191,128	1191,128	1253,819
MgO	0	0	0	0	0	239,899	239,899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3156,469	1561,124	1595,345	2823,75	2823,75	2857,972	2857,972	744,2849	3568,035	3568,035	1749,51	2434,429	2434,429	1194,648	1239,781	30,7618	6,4581	24,3038	1209,019	1233,332	1298,235

Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit terdiri dari beberapa tahap yaitu dapat dibagi menjadi 3 unit pabrik dengan pembagian berikut: Unit pengendalian bahan baku, unit reaksi, dan unit pengendalian produk.

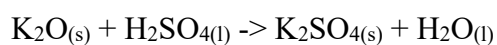
3.2.1 Unit Pengendalian Bahan Baku

Bahan baku berupa abu janjang kelapa sawit dari silo diumpankan menuju bucket elevator dengan menggunakan belt conveyor. Kemudian dari bucket elevator dibawa menuju mixer dan ditambahkan air proses dari utilitas sebagai pelarut. Pada mixer bahan dilarutkan hingga larutan jenuh. Pelarutan ini berfungsi untuk menghasilkan kalium oksida (K_2O) dari abu janjang kelapa sawit yang bisa didapatkan dari reaksi antara abu janjang kelapa sawit dengan air. Dari mixer larutan diumpankan menuju *filter* dengan menggunakan pompa. Setelah proses pelarutan pada mixer, larutan tersebut mengandung air dan abu, maka *filter* berfungsi untuk memisahkan padatan tersebut dari larutan K_2O yang sudah terlarut. Prinsip kerja *filter* adalah bekerja berdasarkan prinsip perbedaan ukuran partikel. Larutan yang telah di *filter* kemudian dikumpulkan dan digunakan dalam proses selanjutnya, sedangkan padatan yang tersaring dibuang menuju UPL (Unit Pengolahan Limbah). Dari filter, larutan diumpankan menuju heater untuk menaikkan suhu menjadi $90^{\circ}C$ sebelum diumpankan menuju reaktor dengan menggunakan pompa.

Bahan pendukung berupa asam sulfat (H_2SO_4) dari tangki diumpankan ke mixer dengan menggunakan pompa. Pada mixer ditambahkan air proses dari utilitas sebagai pelarut. Pelarutan ini antara H_2SO_4 98% dan H_2O sebanyak 2%. Setelah itu, asam sulfat (H_2SO_4) diumpankan menuju heater untuk menaikkan suhu menjadi 90°C sebelum diumpankan menuju reaktor dengan menggunakan pompa.

3.2.2 Unit Reaksi

Setelah unit pengendalian bahan baku, tahap selanjutnya adalah unit reaksi. Bahan baku berupa abu janjang kelapa sawit yang telah melewati beberapa tahapan, dari heater kemudian diumpankan menuju reaktor. Kemudian, bahan pendukung berupa asam sulfat (H_2SO_4) dari heater kemudian diumpankan menuju reaktor juga. Larutan K_2O dan asam sulfat (H_2SO_4) keluar dari heater bersuhu 90°C . Reaktor beroperasi pada suhu 90°C Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga dibutuhkan jacket dengan pendingin dari air pendingin untuk menjaga suhu reaktor.

3.2.3 Unit Pengendalian Produk

Produk keluar reaktor diumpankan menuju heater dengan menggunakan pompa, larutan diumpankan menuju heater untuk menaikkan suhu dari 90°C menjadi 100°C . Setelah itu, menuju

evaporator. Uap air yang keluar dari evaporator dialirkan kedalam kondensor untuk diubah dari fase uap menjadi fase liquid. Uap air yang terkondensasi kemudian ditampung. Larutan kental yang keluar dari evaporator dipompa menuju crystallizer pada suhu 100°C. Media pendingin menggunakan air pendingin yang diambil dari unit utilitas. Produk keluar dari kristalizer diumpankan ke *centrifuge* untuk memisahkan antara kristal kalium sulfat dengan mother liquornya. Mother liquor yang terbentuk dibuang menuju ke pengolahan limbah (*wastewater treatment*).

Kristal kalium sulfat dibawa oleh screw conveyor menuju *rotary dryer* untuk dikurangi kadar airnya dengan bantuan udara panas yang dialirkan secara berlawanan arah, dimana udara panas berasal dari udara kering yang berasal dari udara bebas dihembuskan oleh *blower* kemudian dikurangi kadar air dari udara menggunakan molecular sieve bed dan udara kering dipanaskan dengan heater hingga mencapai suhu 120°C. Udara panas dan padatan terikut kemudian dipisahkan pada *cyclone*, dimana udara panas diserap dengan air proses pada scrubber sebelum dibuang ke udara bebas dan ke pengolahan limbah cair, sedangkan padatan terpisah diumpankan bersamaan dengan produk *dryer* ke cooling conveyor untuk didinginkan sampai suhu kamar (30°C). Kristal kalium sulfat diumpankan menggunakan bucket elevator menuju *ball mill* untuk diseragamkan ukuran partikelnya sebesar 200 mesh. Kristal kalium

sulfat dari *ball mill* yang sudah seragam dibawa oleh screw conveyor lalu diumpakan menggunakan bucket elevator dan belt conveyor menuju ke bagian pengemasan produk kalium sulfat.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor 1 (R-01)

Kode : R-01

Fungsi : Tempat bereaksinya kalium oksida(K_2O) dengan asam sulfat (H_2SO_4) untuk menghasilkan kalium sulfat (K_2SO_4)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Mode Operasi : Kontinyu

Jumlah : 1

Harga : \$ 121.212

Kondisi Operasi

Suhu : $90^{\circ}C$

Tekanan : 1 atm

Kondisi Operasi : Isothermal

Konstruksi Material

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-240 type 316*

Diameter Reaktor : 0,62 m

Tebal Shell : 0,19 in

Tinggi Reaktor	: 1,11 m
Tinggi Cairan Shell	: 7,18 m
Tinggi Head (OA)	: 0,24 m
Tebal Head	: 0,24 in
Volume Shell	: 2,21 m ³
Volume Head	: 0,0000938 m ³
Volume Reaktor	: 2,21 m ³
Jenis Head	: Torispherical Dished Head
Konversi	: 70,78%

Pengaduk Reaktor

Jenis	: Flat Blade Turbines Impeller
Diameter	: 0,41 m
Jarak	: 0,41 m
Lebar Pengaduk	: 0,08 m
Lebar Baffle	: 0,07 m
<i>Power</i>	: 1,5 hp
Kecepatan Putar	: 167 rpm
Jumlah	: 1 buah

Jaket Pendingin

Tinggi	: 1,48 m
Diameter	: 1,34 m
Luas Selimut	: 678 ft ²

b. Reaktor 2 (R-02)

Kode	: R-02
Fungsi	: Tempat bereaksinya kalium oksida(K_2O) dengan asam sulfat (H_2SO_4) untuk menghasilkan kalium sulfat (K_2SO_4)
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 121.212
Kondisi Operasi	
Suhu	: 90°C
Tekanan	: 1 atm
Kondisi Operasi	: Isothermal

Konstruksi Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel SA-240 type 316</i>
Diameter Reaktor	: 0,62 m
Tebal Shell	: 0,19 in
Tinggi Reaktor	: 1,01 m
Tinggi Cairan Shell	: 7,18 m
Tinggi Head (OA)	: 0,24 m
Tebal Head	: 0,24 in
Volume Shell	: 2,21 m ³
Volume Head	: 0,0001128 m ³

Volume Reaktor : 2,21 m³
 Jenis Head : Torispherical Dished Head
 Konversi : 93,01%

Pengaduk Reaktor

Jenis : Flat Blade Turbines Impeller
 Diameter : 0,41 m
 Jarak : 0,41 m
 Lebar Pengaduk : 0,08 m
 Lebar Baffle : 0,07 m
Power : 3 hp
 Kecepatan Putar : 212 rpm
 Jumlah : 1 buah

Jaket Pendingin

Tinggi : 1,48 m
 Diameter : 1,34 m
 Luas Selimut : 678 ft²

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Alat Pemisah

1. Filter (F-01)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan dan filtrat
 Jenis : *Rotary* Filter Vakum
 Bahan : *Stainless steel SA 240 Type 304*

Jumlah : 1 buah

Harga : \$11,292

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Diameter filter : 0,73 m

Panjang filter : 1,47 m

Luas permukaan filter : 0,62 m²

Kecepatan putar : 10.369 rpm

Power blower : 3 Hp

2. Evaporator (E-01)

Fungsi : Memekatkan larutan kalium sulfat hingga 50%

Bentuk : *Long tube evaporator* dengan tutup atas
torispherical dishead dan tutup bawah *conical*

Type : *Standard Vertikal Tube Evaporator*

Jenis : *1-2 Shell and Tube Exchanger*

Bahan : *Stainless steel SA-240 type 316*

Harga : \$22,699

Kondisi Operasi

Temperatur : 100 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu Operasi : 1 jam

Bagian Shell

Diameter : 1,37 m

Tinggi : 2,05 m

Luas area : 1,47 m²

Tebal : 3/16 in

Bagian Tube

OD : 1.5 in

BWG : 12

ID : 1,28 in

Flow area : 1,29 in²

Surface per lin ft : 0,39 ft²

Disusun : Triangular

Pitch : 1.875 in

Panjang tube : 15 ft

Jumlah tube : 160 buah

Faktor Pengotor

Rd ketentuan : 0,003 ft² F/Btu

Rd hitung : 0,0122 ft² F/Btu

Pressure Drop

Shell : 0,00001 psi

Tube : 0,0024 psi

Bahan konstruksi : *SA-240 Type 430 Grade D*

Jumlah : 1 buah

Bagian tutup

Tebal tutup atas	: $\frac{1}{4}$ in
Tinggi tutup atas	: 0,35 m
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{16}$ in
Tinggi tutup bawah	: 0,68 m
Tinggi total tangki	: 3,09 m

3. Crystalizer

Fungsi	: Memekatkan larutan kalium sulfat hingga terbentuk kristal
Bentuk	: <i>Swensonm - Walker Crystallizer</i>
Harga	: \$42,056
Kapasitas	: 1,62 m ³
Diameter	: 0,91 m
Panjang	: 3,01 m
Luas <i>cooling area</i>	: 8,24 m ²
<i>Power</i>	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

4. Centrifuge

Fungsi	: Memisahkan padatan dari Kristalizer sebelum diumpankan ke <i>Rotary Dryer</i>
<i>Type</i>	: <i>Disk centrifuge</i>

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-240 type 316*

Harga : \$28,344

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Kapasitas : 1,24 ton/jam

Diameter bowl : 13 in

Panjang bowl : 39 in

Laju putar motor : 107 rpm

Daya motor : 3 Hp

Jumlah : 1 buah

5. Rotary Dryer

Fungsi : Mengeringkan bahan dengan bantuan udara panas

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA-240 type 316*

Harga : \$167,185

Kondisi Operasi

Temperatur : 110 °C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 1209,02 kg/jam

Diameter : 0,49 m

Panjang : 27,51 m

Sudut <i>rotary</i>	: 62,55°
Time of Passes	: 38 menit
Kecepatan putaran	: 9,6 rpm
Tinggi radial flight	: 0,04 m
Jumlah flight	: 20 buah
<i>Power</i>	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

6. *Cyclone*

Fungsi	: Untuk memisahkan padatan dari aliran udara panas
<i>Type</i>	: <i>Cyclone Separator</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel SA-240 type 316</i>
Kapasitas	: 0,03 ton/jam
Harga	: \$8,181

Ukuran

Bc (Diameter outlet bagian bawah <i>cyclone</i>)	: 0,12 m
De (Diameter inlet <i>cyclone</i>)	: 0,23 m
Hc (Tinggi dari <i>cyclone</i>)	: 0,23 m
Lc (Panjang dari outlet <i>cyclone</i>)	: 0,94 m
Sc (Luas penampang dari <i>cyclone</i>)	: 0,06 m
Zc (Koefisien pemisahan atau efisiensi pemisahan <i>cyclone</i>)	: 0,93m

Jz (Faktor gesekan atau koefisien gesekan dalam aliran): 0,12 m

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup atas : 4/16 in

Tebal tutup bawah : 3/16 in

Jumlah : 1 buah

7. *Ball mill*

Fungsi : Untuk menghaluskan produk sampai 200 mesh

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 3,39 ton/jam

Tipe : *Mercy Ball mill*

Harga : \$273,649

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

No. Sleeve : 200 mesh

Diameter : 5 ft

Panjang : 4 ft

Mill speed : 27 rpm

Power : 50 Hp

Mill speed : 5,25 ton

b. Unit Operasi Pendukung

1. Pompa 1

Fungsi	: Mengalirkan dari tangki asam sulfat ke mixer
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Harga	: \$6,913
Impeller	: <i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	: 2,295 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0225 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 2,5330 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 1,278 in / 0,0324 m
OD	: 1,66 in / 0,0421 m
NPS	: 1 ¼ in / 0,0317 m
Flow area	: 1,28 in ² / 0,0008 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,3267 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,05 Hp

2. Pompa 2

Fungsi	: Mengalirkan dari mixer asam sulfat ke reaktor
Jenis	: Centrifugal pump
Harga	: \$6,913
Impeller	: Mixed flow impellers
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: Commercial Steel
Kapasitas	: 2,295 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0225 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 2,5330 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 1,278 in / 0,0324 m
OD	: 1,66 in / 0,0421 m
NPS	: 1 ¼ in / 0,0317 m
Flow area	: 1,28 in ² / 0,0008 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,1066 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,167 Hp

3. Pompa 3

Fungsi	: Mengalirkan dari mixer kaliumoksida ke filter
--------	---

Jenis	: Centrifugal pump
Harga	: \$6,913
Impeller	: Mixed flow impellers
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: Commercial Steel
Kapasitas	: 1,560 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0153 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 1,7220 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 1,278 in / 0,0324 m
OD	: 1,66 in / 0,0421 m
NPS	: 1 ¼ in / 0,0317 m
Flow area	: 1,28 in ² / 0,0008 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,0431 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,05 Hp

4. Pompa 4

Fungsi	: Mengalirkan dari filter ke reaktor-01
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Harga	: \$5,185
Impeller	: <i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah

Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	: 0,487 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0048 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 1,5940 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 0,742 in / 0,0188 m
OD	: 1,05 in / 0,026 m
NPS	: 3/4 in / 0,019 m
Flow area	: 0,432 in ² / 0,0002 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,0087 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,05 Hp

5. Pompa 5

Fungsi	: Mengalirkan dari reaktor - 01 ke reaktor - 02
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Harga	: \$6,913
Impeller	: <i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	: 2,414 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0237 ft ³ /s

Kecepatan aliran	: 2,6638 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 1,278 in / 0,0324 m
OD	: 1,66 in / 0,0421 m
NPS	: 1 ¼ in / 0,0317 m
Flow area	: 1,28 in ² / 0,0008 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,0521 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,083 Hp

6. Pompa 6

Fungsi	: Mengalirkan dari reactor – 02 ke evaporator
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Harga	: \$6,913
Impeller	: <i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	: 2,414 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0237 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 2,6638 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 1,278 in / 0,0324 m

OD	: 1,66 in / 0,0421 m
NPS	: 1 1/4 in / 0,0317 m
Flow area	: 1,28 in ² / 0,0008 m ²
Efisiensi pompa	:
<i>Power</i> pompa	: 0,0978 Hp
<i>Power</i> motor	: 0,125 Hp

7. Pompa 7

Fungsi	: Mengalirkan dari evaporator ke crystalizer
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Harga	: \$5,991
Impeller	: <i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Commersial Steel</i>
Kapasitas	: 1,084 m ³ /jam
Rate Volumetrik	: 0,0106 ft ³ /s
Kecepatan aliran	: 2,1335 ft/s
Ukuran pipa	:
ID	: 0,957 in / 0,0243 m
OD	: 1,32 in / 0,033 m
NPS	: 1 in / 0,0254 m
Flow area	: 0,718 in ² / 0,0004 m ²

Efisiensi pompa :

Power pompa : 0.0727 Hp

Power motor : 0.125 Hp

8. Mixer 1

Fungsi : Mencampurkan H_2SO_4 dengan H_2O
sebelum masuk ke Reaktor

Jumlah : 1 buah

Jenis : Tangki pencampur berpengaduk

Harga : \$80,781

Kondisi Operasi :

Temperatur : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Dimensi reactor :

Bahan reactor : *Stainless steel SA 167 Grade 11 Type 316*

Diameter shell : 1,9574 m

Tinggi shell : 1,9574 m

Volume shell : 4,9067 m³

Volume head : 0,0095 m³

Volume mixer : 4,9159 m³

Tinggi mixer : 2,7382 m

Tinggi head (OA) : 0,3904 m

Tebal shell : 0,2500 in

Tebal head : 0,2500 in
Pengaduk :
 Jenis impeller : Flat Blade Turbines Impellers with 6 blade
 Diameter pengaduk : 0,5906 m
 Jarak pengaduk : 0,6562 m
 Lebar pengaduk : 0,1181 m
 Lebar baffle : 0,1640 m
 Jumlah pengaduk : 1 buah
 Kecepatan pengadukan (N) : 170,533 rpm
 Power pengadukan (P) : 10 Hp

9. Mixer 2

Fungsi : Mencampurkan padatan K_2O dengan H_2O
 sebelum masuk ke Filter
 Jumlah : 1 buah
 Jenis : Tangki pencampur berpengaduk
 Harga : \$ 82,037
Kondisi Operasi :
 Temperatur : 30 °C
 Tekanan : 1 atm
Dimensi reactor :
 Bahan reactor : *Stainless steel SA 167 Grade 11 Type 316*
 Diameter shell : 1,8546 m

Tinggi shell	: 1,8546 m
Volume shell	: 4,1729 m ³
Volume head	: 0,0084 m ³
Volume mixer	: 4,1811 m ³
Tinggi mixer	: 2,6353 m
Tinggi head (OA)	: 0,3904 m
Tebal shell	: 0,2500 in
Tebal head	: 0,2500 in
Pengaduk	:
Jenis impeller	: Flat Blade Turbines Impellers with 6 blade
Diameter pengaduk	: 0,5906 m
Jarak pengaduk	: 0,6562 m
Lebar pengaduk	: 0,1181 m
Lebar baffle	: 0,1640 m
Jumlah pengaduk	: 1 buah
Kecepatan pengadukan (N)	: 181,077 rpm
Power pengadukan (P)	: 15 Hp

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan

a. Tangki Asam Sulfat

Fungsi	: Tempat penyimpanan asam sulfat
Type	: Silinder tegak dengan dasar flat dan head berbentuk kerucut

Jenis	: High Alloy Steel SA-167 grade 3 <i>type</i> 304
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$35,373
Kondisi Operasi	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Spesifikasi	:
Material	: <i>Stainless steel</i> SA-240 <i>type</i> 316
Kapasitas	: 1,921 m ³
Volume	: 1,076 m ³
Diameter standar	: 18,28 m
Tinggi puncak head	: 1,76 m
Tebal head standar	: 0,0254 m
Tinggi total	: 9,097 m

b. Silo-01

Fungsi	: Tempat penyimpanan abu janjang kelapa sawit untuk kebutuhan proses selama 7 hari
Jenis bahan	: <i>Stainless steel</i> SA-167 <i>type</i> 316
Harga	: \$992
Kondisi Operasi	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C

Dimensi tangki :

Diameter : 0,0213 m

Tinggi : 0,0426 m

Tebal : 0,125 in

Volume tangki : 0,000013 m³

Waktu Penyimpanan : 7 hari

Jumlah : 1

c. Silo-02

Fungsi : Tempat penyimpanan kalium sulfat

Jenis bahan : *Stainless steel SA-167 type 316*

Harga : \$992

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Dimensi tangki

Diameter : 0,0213 m

Tinggi : 0,0426 m

Tebal : 0,125 in

Volume tangki : 0,000013 m³

Waktu Penyimpanan : 7 hari

Jumlah : 1

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

a. *Belt Conveyor – 01*

Fungsi	: Mengangkut padatan berupa abu janjang kelapa sawit dari silo ke bucket elevator
Jenis	: Flat belt conveyor
Harga	: \$9.448
Jumlah	: 1 buah
Konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Kecepatan belt	: 0,78914 ft/min
Panjang belt	: 4,5 m
Lebar belt	: 0,3556 m
Daya	: 0,33 Hp

b. *Bucket Elevator – 01*

Fungsi	: Untuk mengangkut kalium oksida dari belt conveyor ke mixer
Harga	: \$5.185
Panjang bucket	: 0,1397 m
Lebar bucket	: 0,2032 m
Tinggi bucket	: 0,1968 m
Daya	: 1,253 Hp
Jenis	: Continuous bucket elevator
Bahan	: Rubber

c. *Cooling Conveyor*

Fungsi	: Untuk mendinginkan kristal kalium sulfat yang keluar dari <i>rotary dryer</i> sampai dengan suhu 30°C
<i>Type</i>	: Plain spout of chutes dengan standar jacked solid flight
Harga	: \$52.195
Kapasitas	: 1209,0194 kg/jam
Screw diameter	: 0,1524 m
Diameter of flights	: 0,2286 m
Diameter of pipe	: 0,0635 m
Diameter of shaft	: 0,0508 m
Panjang	: 4,6 m
<i>Power motor</i>	: 1 Hp
<i>Type cooling</i>	: <i>Standard Jacked Solid Flight</i>
ID jaket	: 0,4382 m
Tebal jaket	: 0,0191 m
OD Jaket	: 0,4572 m
Space	: 0,2699 m
Jumlah	: 1 buah

d. Screw Conveyor

Fungsi	: Mengangkut produk dari <i>centrifuge</i> menuju <i>rotary dryer</i>
Jenis	: <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Harga	: \$4.033
Kondisi Operasi	:
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Panjang	: 4,57 m
Diameter flight	: 9 in
Diameter feed section	: 16 in
Daya	: 0,43 Hp
Jenis	: <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Bahan	: <i>High alloy steel</i>

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas**a. Heater-01**

Kode	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan temperatur keluaran Mixer dari suhu 30°C menuju R-01 menjadi suhu 90°C
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Stainless steel SA 304</i>

Harga	: \$30.303
Jumlah Hairpin	: 3 buah
Panjang Hairpin	: 4,57 m
Hot Fluid	: Annulus, <i>Steam</i>
IPS	: 0,1 m
<i>Flow Area</i>	: 0,002 m ²
OD	: 0,11 m
ID	: 0,1 m
<i>Surface Area</i>	: 1,18 ft ² /ft
Cold fluid	: Inner pipe, <i>Output</i>
IPS	: 0,08 m
<i>Flow Area</i>	: 0,005 m ²
OD	: 0,09 m
ID	: 0,08 m
<i>Surface Area</i>	: 0,92 ft ² /ft
A	: 123,8 ft ²
Ud	: 24,93 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 36,66 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	: 0,0128
Rd min	: 0,003

b. *Heater-02*

Kode	: HE-02
------	---------

Fungsi	: Menaikkan temperatur keluaran Filter dari suhu 30°C menuju R-01 menjadi suhu 90°C
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Stainless steel SA 304</i>
Harga	: \$25.579
Jumlah Hairpin	: 1 buah
Panjang Hairpin	: 4,57 m
Hot Fluid	: Annulus, <i>Steam</i>
IPS	: 0,1 m
<i>Flow Area</i>	: 0,002 m ²
OD	: 0,11 m
ID	: 0,1 m
Surface Area	: 1,18 ft ² /ft
Cold fluid	: Inner pipe, <i>Output</i>
IPS	: 0,08 m
<i>Flow Area</i>	: 0,005 m ²
OD	: 0,09 m
ID	: 0,08 m
<i>Surface Area</i>	: 0,92 ft ² /ft
A	: 41,27 ft ²
Ud	: 6,75 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 30,42 Btu/jam.ft ² .°F

Rd	: 0,1153
Rd min	: 0,003
c. Heater-03	
Kode	: HE-03
Fungsi	: Menaikkan temperatur keluaran R-01 dari suhu 90°C menuju EV-01 menjadi suhu 100°C
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Stainless steel SA 304</i>
Harga	: \$25.579
Jumlah Hairpin	: 1 buah
Panjang Hairpin	: 4,57 m
Hot Fluid	: Annulus, <i>Steam</i>
IPS	: 0,1 m
<i>Flow Area</i>	: 0,002 m ²
OD	: 0,11 m
ID	: 0,1 m
Surface Area	: 1,18 ft ² /ft
Cold fluid	: Inner pipe, <i>Output</i>
IPS	: 0,08 m
Flow Area	: 0,005 m ²
OD	: 0,09 m

ID	: 0,08 m
Surface Area	: 0,92 ft ² /ft
A	: 41,27 ft ²
Ud	: 19,11 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	: 42,94 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	: 0,029
Rd min	: 0,003

d. Heater-04

Kode	: HE-04
Fungsi	: Memanaskan udara menuju <i>rotary dryer</i>
Jumlah	: 1
Tipe	: Shell and tube, 1-2 exchanger (<i>Fixed tube</i>)
Jenis Bahan	: <i>Stainless steel</i> SA 304
Harga	: \$73.857
Shell side	
ID	: 23 in
B	: 5 in
n	: 2 passes
Tube side	
Nt	: 386 buah
L	: 12 ft
OD	: 0,75 in

BWG	: 16
n	: 2 passes
Pitch	: Square pitch 1"
A	: 907 ft ²

e. Condensor

Kode	: CD-01
Fungsi	: Untuk mengubah uap H ₂ O dari evaporator menjadi liquid
Jumlah	: 1
Tipe	: <i>Direct contact vertical condensor</i>
Jenis Bahan	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$50.928

Kondisi operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 100°C

Dimensi shell

Diameter condenser	: 8,4864 ft / 2,6883 m
Tinggi shell	: 16,9727 ft / 5,1767 m
Tebal shell	: 0,0064 m

Dimensi tube

OD	: 0,0191 m
BWG	: 16

Panjang	: 12 ft / 3,6576 m
Pitch	: 1 OD
Jumlah tubes	: 3 tubes
Passes	: 6
ID	: 0,62 in / 0,0157 m
Flow area per tube	: 0,302 in ² / 0,0002 m ²
Surface per lin ft	: 0,1963 ft ² /lin ft
Luas penampang	: 56,5344 ft ² / 5,2520 m ²

Dimensi tutup

Tebal tutup	: ¼ in / 0,0064 m
Tinggi tutup	: 1,4412 ft / 0,4393 m

Faktor pengotor

Rd required	: 0,003
Rd hitung	: 0,2487

Pressure drop

Shell	: 0,003 psi
Tube	: 1, 1625 psi

3.4 Neraca Massa

a. Mixer H₂SO₄ (M-01)

Tabel 3.1 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H ₂ SO ₄	1237,37	-	1237,37
H ₂ O	1586,38	1561,12	1586,38
Total	2823,75	1561,12	2823,75

c. Mixer K₂O (M-02)

Tabel 3. 2 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
K ₂ O	707,07	-	707,07
MgO	239,90	-	239,90
H ₂ O	315,66	1595,35	1911,00
Total	1262,63	1595,35	2857,97

d. Filter (F-01)

Tabel 3. 3 Neraca Massa Filter

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
K ₂ O	707,07	-	707,07
MgO	239,90	239,90	0,00
H ₂ O	1911,00	1873,79	37,21
Total	2857,97	2113,69	744,28

e. Reaktor (R-01)

Tabel 3.4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 3	Arus 8	Arus 9
K ₂ O	-	707,07	206,68
H ₂ SO ₄	1237,37	-	515,28
H ₂ O	1586,38	37,21	1756,22
K ₂ SO ₄	-	-	1282,09
Total	2823,75	744,28	3568,04

f. Reaktor (R-02)

Tabel 3.5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 9	Arus 10
K ₂ O	206,68	14,45
H ₂ SO ₄	515,28	515,28
H ₂ O	1756,22	1756,22
K ₂ SO ₄	1282,09	1282,09
Total	3568,04	3568,04

g. Evaporator (EV-01)

Tabel 3.5 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
K ₂ O	14,45	-	14,45
H ₂ SO ₄	515,28	-	515,28
H ₂ O	1756,22	1003,85	752,36
K ₂ SO ₄	1282,09	-	1282,09

Total	3568,04	1003,85	2564,18
-------	---------	---------	---------

h. Crystallizer (CR-01)

Tabel 3.6 Neraca Massa Crystallizer

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output(kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
K ₂ O	14,45	-	0,29
H ₂ SO ₄	515,28	-	10,31
H ₂ O	752,36	-	15,05
K ₂ SO ₄	1282,09	1280,19	1280,22
Total	2564,18	1280,19	1305,86

i. Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 7 Neraca Massa Centrifuge

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)	
	Arus 14	Arus 15	Arus 16
K ₂ O	14,45	14,16	0,29
H ₂ SO ₄	515,28	504,97	10,31
H ₂ O	752,36	737,32	15,05
K ₂ SO ₄	1282,09	1,87	1280,22
Total	2564,18	1258,32	1305,86

j. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 8 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)	
	Arus 16	Arus 17	Arus 20
K ₂ O	0,29	0,01	0,28
H ₂ SO ₄	10,31	0,21	10,01
H ₂ O	15,05	8,62	6,41

K ₂ SO ₄	1280,22	25,61	1254,61
Total	1305,86	34,43	1271,43

k. Cyclone (CY-01)

Tabel 3. 9 Neraca Massa Cyclone

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19
K ₂ O	0,01	0,01	0,01
H ₂ SO ₄	0,21	0,01	0,21
H ₂ O	8,62	8,62	-
K ₂ SO ₄	25,61	0,26	25,34
Total	34,43	8,87	25,56

l. Ball mill (BM-01)

Tabel 3. 10 Neraca Massa Ball mill

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 19	Arus 20	Arus 21
K ₂ O	0,01	0,28	0,31
H ₂ SO ₄	0,21	10,09	10,85
H ₂ O	-	6,43	33,45
K ₂ SO ₄	25,34	1254,61	1320,65
Total	25,56	1271,43	1365,25

3.5 Neraca Panas

a. Filter (F-01)

Tabel 3. 11 Neraca Panas Filter

Komponen	<i>Input</i> (kJ/jam)	<i>Output</i> (kJ/jam)
Q in	9.286.024,41	-

Q out	-	9.286.024,41
TOTAL	9.286.024,41	9.286.024,41

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 12 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (Kj/ jam)	ΔH_{out} (Kj/ jam)
Qin	5.3722.864	
Qout		4.990.840
ΔH Reaksi	-125	-
Q terserap	-	381.899
Total	5.372.739	5.372.739

c. Reaktor (R-02)

Tabel 3. 13 Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in} (Kj/ jam)	ΔH_{out} (Kj/ jam)
Qin	5.3722.864	
Qout		4.990.840
ΔH Reaksi	-125	-
Q terserap	-	381.899
Total	5.372.739	5.372.739

d. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 14 Neraca Panas Evaporator

Kompoen	Panas <i>Input</i> (kJ/jam)	Panas <i>Output</i> (kJ/jam)
Qin	24.007.564,9686	
Qout		32.747.624,4642
Q _{supply}	9.200.062,6269	

$Q_{\text{penguapan}}$		460.003,1313
Total	33.207.627,5955	33.207.627,5955

e. Crystalizer (CR-01)

Tabel 3. 15 Neraca Panas Crystalizer

Komponen	Panas <i>Input</i> (kJ/jam)	Panas <i>Output</i> (kJ/jam)
Q_{in}	30.150.910,1274	
Q_{out}		20.490.878,1573
$Q_{\text{kristalisasi}}$		184.980,8175
Q_{terserap}		9.475.051,1525
Total	30.150.910,1274	30.150.910,1274

f. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3. 16 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Panas <i>Input</i> (kJ/jam)	Panas <i>Output</i> (kJ/jam)
Q_{in}	397.604,4735	
Q_{out}		655.221,7834
ΔH udara masuk	1.116.678,6753	
ΔH udara keluar		859.061,3654
Total	1.514.283,1488	1.514.283,1488

g. Kondensor (CD-01)

Tabel 3. 17 Neraca Panas Kondensor

Komponen	Panas <i>Input</i> (kJ/jam)	Panas <i>Output</i> (kJ/jam)
Q_{in}	2.596.671,8515	
Q_{out}		2.571.102,4899

Qserap		25.569,3616
Total	2.596.671,8515	2.596.671,8515

BAB IV

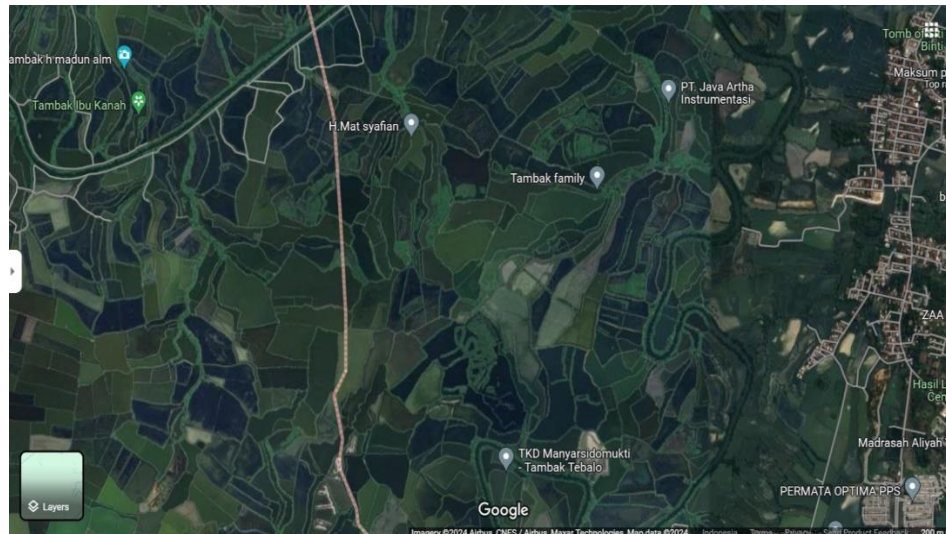
PERANCANGAN PABRIK

Saat mendirikan pabrik, diperlukan perhitungan yang terperinci. Untuk melakukan perhitungan terperinci, diperlukan informasi biaya bangunan dan tempat. Ada beberapa syarat penting yang digunakan untuk memperkirakan rincian biaya antara lain sebagai berikut

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah salah satu faktor yang memengaruhi kemajuan dan kelangsungan produksi pabrik dalam industri. Pemilihan lokasi pendirian pabrik dapat mempengaruhi kestabilan dimasa sekarang dan masa depan. Pemilihan lokasi yang tepat dapat memperlancar faktor kendala dalam distribusi dan produksi. Dalam penentuan lokasi pabrik memerlukan pertimbangan dari aspek perhitungan biaya pendistribuan dan produksi yang minimal juga pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat (Timmerhaus, 2004).

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang ada, pendirian pabrik kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun direncanakan untuk berdiri di daerah Manyar, Kabupaten Gresik yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rencana lokasi pendirian pabrik

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Penyedia bahan baku

Ketersediaan bahan baku menjadi salah satu hal yang cukup penting bagi suatu pabrik. Bahan baku ini perlu diperhatikan untuk kelangsungan produksi suatu pabrik. Adapun bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan kalium sulfat yaitu abu janjang kelapa sawit. Dalam hal ini tempat bahan baku dipasok tidak terlalu jauh dari lokasi pabrik sehingga diharapkan dapat menekan biaya pengiriman dan penyediaan bahan baku. Asam sulfat dipasok dari PT Petrokimia Gresik sedangkan bahan baku abu janjang kelapa sawit diperoleh UD. Seraya Agri Perkasa.

b. Daerah Pemasaran Produk

Pemasaran produk adalah salah satu faktor yang memengaruhi studi kelayakan proses produksi. Keuntungan dan kelangsungan

proyek yang baik dihasilkan dari strategi pemasaran yang tepat. Produk kalium sulfat banyak dibutuhkan oleh para petani digunakan untuk pupuk. Menurut BPS jumlah penduduk yang bekerja sebagai petani di Indonesia cukup banyak dan mengalami kenaikan di tahun 2024.

Dengan melihat pangsa pasar yang prospektif maka produk ini bisa dikatakan memenuhi pangsa pasar tersebut. Distribusi dan pemasaran dari produk dapat dilakukan melalui Kota Surabaya dimana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surabaya sebagai Ibukota Provinsi Jawa Timur.

c. Utilitas

Kebutuhan utilitas suatu pabrik antara lain adalah air, listrik, dan bahan bakar. Air merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Dalam hal ini air digunakan sebagai sanitasi, pencegahan bahaya kebakaran, media pendingin, *steam*, serta untuk air proses. Pemilihan lokasi pabrik yang bertempat di daerah Manyar, Gresik merupakan daerah yang dekat dengan sumber air seperti air sungai dan juga air laut, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air dapat dengan mudah terpenuhi. Selama pabrik beroperasi, kebutuhan air relatif cukup banyak, maka untuk memenuhi kebutuhan air tersebut diambil air sungai yang letaknya tidak jauh dari lokasi pabrik dengan melakukan pengolahan terlebih dahulu. Mengingat lokasi

pabrik ini direncanakan dekat dengan aliran Sungai Bengawan Solo, maka persoalan penyediaan air tidak akan mengalami kesulitan.

Sedangkan untuk kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, namun pabrik tetap memiliki generator pembangkit listrik pribadi sebagai cadangan untuk memenuhi kelangsungan operasi produksi pabrik selain itu agar produksi dari pabrik ini tidak bergantung pada suplai listrik dari PLN dan untuk menghemat biaya. sehingga PLN digunakan apabila pabrik tidak beroperasi dan apabila generator ada kerusakan. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar, diperoleh dari Pertamina.

d. Transportasi

Daerah Gresik memiliki jalur transportasi yang menghubungkan kota-kota yang berada di sekitarnya. Ketersediaan sarana transportasi baik melalui jalur laut dan darat dapat mempermudah pengangkutan baik bahan baku ataupun produk. Daerah Gresik adalah kawasan industri dengan jalur transportasi dan komunikasi yang cukup memadai. Mengingat pendirian pabrik memerlukan lokasi yang tepat antara pasar dan penyedia bahan baku. Masalah transportasi perlu dipertimbangkan agar kelancaran perbekalan (*supply*) bahan baku dan penyaluran produk akan dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu singkat, karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

1. Jalan raya yang dapat dilalui kendaraan beroda empat atau lebih.

2. Adanya stasiun, pelabuhan dan bandara.

Fasilitas pengangkutan darat dapat dipenuhi dengan adanya jalan raya (jalan tol Surabaya–Gresik) yang dapat dilalui oleh kendaraan yang bermuatan besar dan fasilitas pengangkutan laut dapat dipenuhi dengan tersedianya pelabuhan-pelabuhan baik di sekitar Lamongan, Surabaya maupun Gresik. Untuk transportasi udara dapat dipenuhi melalui bandara udara di Surabaya.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik. Selain itu, umumnya tenaga kerja dapat dengan mudah dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik dengan ongkos buruh yang cukup murah (sesuai standar UMR) dan hal ini merupakan langkah positif untuk mengurangi angka pengangguran.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Kebijakan Pemerintah

Menurut Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah, daerah Gresik merupakan daerah kawasan industri. Hal ini sejalan dengan kebijakan pengembangan industri sehingga memberikan kemudahan mengenai pengembangan industri termasuk dalam hal perizinan, pajak dan hal lain yang berkaitan dengan pendirian pabrik.

Berdasarkan atas pertimbangan-pertimbangan faktor-faktor tersebut di atas, maka pemilihan lokasi pabrik cukup memenuhi persyaratan.

b. Keadaan Geografis

Kawasan Manyar, Gresik memiliki iklim tropis yang dinilai cukup stabil sehingga pabrik yang beroperasi dapat bekerja secara optimal. Struktur tanah cukup baik dan juga daya dukung terhadap pondasi bangunan pabrik dan pondasi jalan.

c. Sarana dan Prasarana Sosial

Menurut pengamatan, tidak ada pertentangan dari penduduk sekitarnya dalam pendirian pabrik baru mengingat daerah tersebut merupakan daerah industri. Selain itu fasilitas perumahan, pendidikan, kesehatan, dan tempat peribadatan sudah tersedia di daerah tersebut. Sarana perbaikan industri yang memadai dapat meningkatkan keberlangsungan hidup sehari-hari tenaga kerja yang bekerja. Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor tersebut di atas, maka pemilihan lokasi pabrik cukup memenuhi persyaratan.

4.2 Tata Letak Pabrik

Pabrik kalium sulfat direncanakan akan dibangun di Kawasan Manyar, Gresik dengan luas 1,4405 ha (14405 m²). Tata letak pabrik meliputi letak alat proses, tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, letak unit utilitas, dan sarana-sarana pendukung lain. Perencanaan tata letak

pabrik kalium sulfat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 4. 2 Gambar tata letak pabrik

Adapun, rincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Luas tanah dan bangunan

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Kantor	35	23	805
2	Gedung Serbaguna	23	17	391
3	Masjid	10	8	80
4	Kantin	8	8	64
5	Koperasi	8	5	40
6	Area Parkir Utama	20	15	300
7	Pos Satpam 1	5	4	20
8	Pos Satpam 2	5	4	20
9	Poliklinik	15	8	120
10	Gudang	25	15	375
11	Area Loading Space 1	50	6	300
12	Area Loading Space 2	23	9	207
13	Area Proses	60	50	3000
14	Ruang Alat	15	15	225
15	Laboratorium	15	15	225
16	Ruang Control Process	15	15	225
17	Ruang Control utilitas	15	15	225
18	Area Utilitas	40	30	1200
19	Area Parkir Truk	20	16,5	330
20	Ruang Listrik	12	10	120
21	Bengkel	19	12	228
22	Area Pemadam Kebakaran	14	8	112
23	UPL	30	25	750
24	Halaman Depan Kantor	60	6	360
25	Halaman Belakang Kantor	60	8	480
26	Perluasan Pabrik	57	23	1311

Tabel 4.1 Luas tanah dan bangunan (lanjutan)

27	Taman	28	14	392
28	Jalan			1435,455
Luas Bangunan				8732
Luas Tanah				14405

Tata letak adalah perencanaan pabrik berdasarkan aliran komponen-komponen produksi pabrik. Tata letak pabrik digunakan agar memperoleh kondisi yang optimum di lingkungan pabrik sehingga terbentuk hubungan yang efisien dan juga efektif.

Urutan kedudukan yang ada dalam bagian pabrik yang harus di tata peletakannya adalah perkantoran, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung dan lain-lain, yang dirancang guna mendukung kelangsungan pelaksanaan proses produksi. Keuntungan dari perancangan tata letak pabrik antara lain (Peters dan Timmerhaus, 2004):

- a. Meningkatkan pengawasan operasi dan produksi.
- b. Mengurangi biaya produksi.
- c. Meningkatkan keselamatan kerja.
- d. Mengurangi material handling, berupa jarak transportasi bahan baku dan produk.
- e. Memberi ruang gerak untuk mempermudah perbaikan peralatan dan mesin saat terjadi kerusakan.

Untuk mencapai keuntungan dari kondisi yang optimal, diperlukan perhatian dalam hal menentukan tata letak pabrik, yaitu:

- a. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan dari mesin, sehingga perubahan yang terjadi tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- b. Urutan proses produksi.
- c. Keselamatan dan keamanan pada bahan mudah terbakar perlu mendapatkan perhatian yang serius. Diperlukan pengelompokkan unit-unit proses untuk mempermudah pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin akan terjadi.
- d. Penyebaran yang ekonomis terhadap penyedia air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- e. Servis area, seperti tempat parkir, kantin, area olahraga, tempat ibadah, dan lain-lain diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu jauh dari area kerja.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Daerah Proses

Daerah proses adalah daerah proses produksi yang didalamnya memuat alat-alat proses dan pengendali. Daerah proses diletakkan di bagian pabrik yang lokasinya tidak mengganggu. Letak aliran proses setiap alat direncanakan dengan baik untuk mempermudah pemindahan bahan baku serta mempermudah pengawasan dan pemeliharaan alat proses.

b. Daerah Penyimpanan

Daerah penyimpanan adalah daerah yang memuat alat untuk menyimpan bahan baku dan produk hasil produksi.

c. Daerah Utilitas

Daerah utilitas adalah daerah yang menyediakan keperluan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan saat jalannya proses produksi, berupa penyedia air, *steam* proses, udara dan listrik. Daerah utilitas diletakkan di dekat daerah proses supaya mempermudah sistem pemipaan.

d. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Daerah laboratorium dan ruang kontrol adalah daerah pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses juga produk yang akan dijual. Daerah laboratorium adalah daerah kontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses. Dan daerah ruang kontrol adalah daerah yang mengontrol jalannya proses agar sesuai dengan yang diinginkan seperti kondisi operasi, tekanan, suhu, dan lain-lain. Peletakan laboratorium dan ruang kontrol dekat dengan daerah proses untuk mempermudah kerja apabila terjadi masalah di daerah proses.

e. Daerah Perkantoran

Daerah perkantoran adalah daerah kegiatan administrasi perusahaan yang bergerak untuk mengatur kelancaran operasi dan kegiatan administrasi. Daerah perkantoran harus diletakkan jauh dari daerah proses yang berbahaya.

f. Daerah Gudang Alat

Daerah gudang alat adalah daerah yang memuat tempat untuk menyimpan cadangan alat proses.

g. Daerah Fasilitas Umum

Daerah fasilitas umum adalah daerah penunjang aktivitas yang ada di pabrik untuk memenuhi kepentingan pekerja, seperti tempat ibadah, tempat pabrik, kantin, poliklinik, dan pos keamanan.

4.3 Tata Letak Mesin atau Alat Proses

Tata letak mesin atau alat proses adalah lokasi untuk alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Pada perancangan tata letak alat-alat proses terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Aliran bahan baku dan produk yang baik dapat memberikan keuntungan secara ekonomis yang besar dan dapat menunjang keamanan dan kelancaran proses produksi.

b. Jarak Antar Alat Proses

Tata letak alat proses harus memiliki jarak antar alat yang perlu diperhitungkan secara cermat. Alat yang memiliki tekanan dan suhu operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat lain untuk menghentikan potensi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut sehingga mengganggu dan membahayakan alat-alat lainnya.

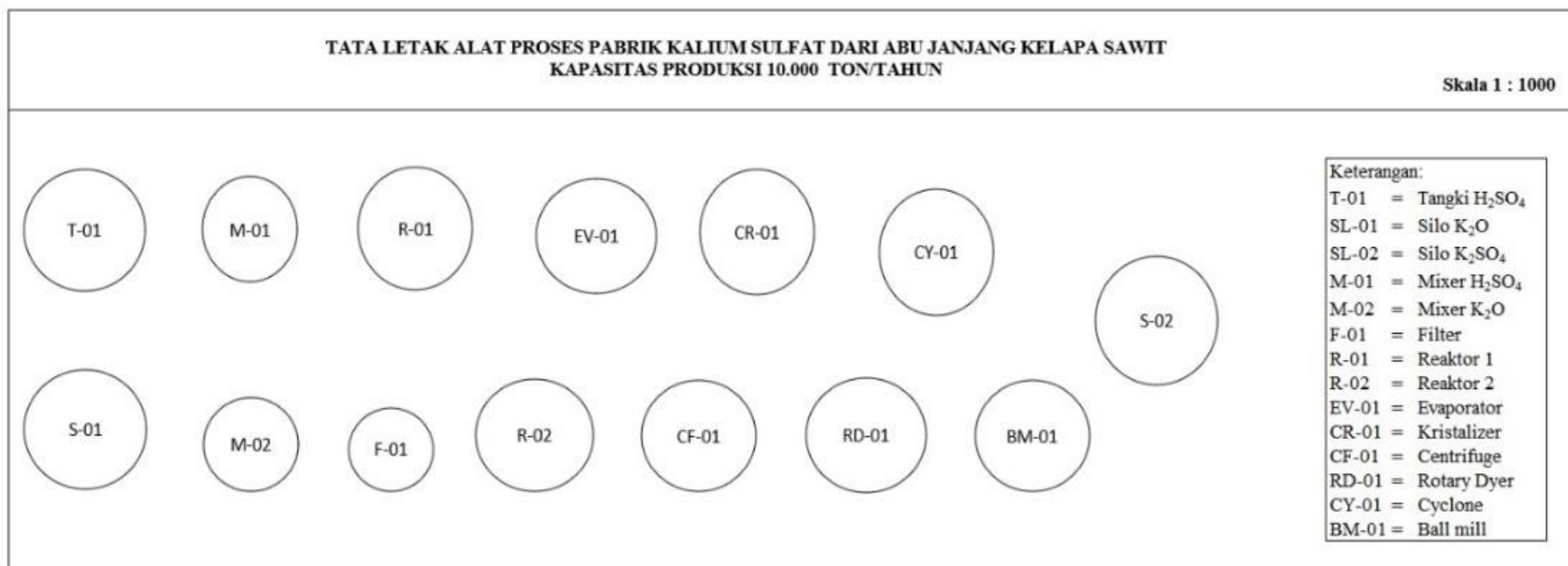
c. Aliran Udara

Perhatian terhadap aliran udara perlu dilakukan dan dipastikan kelancarannya, sehingga dapat menghindari terjadinya stagnasi udara

berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengganggu keselamatan pekerja.

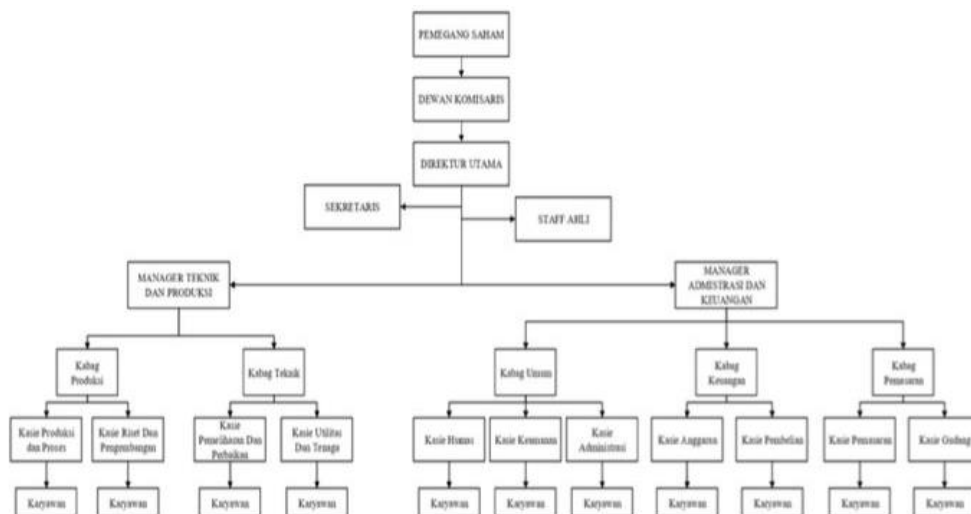
d. Pencahayaan

Pada pabrik dengan sistem kerja 24 jam perlu mengalokasikan pencahayaan di seluruh area pabrik yang memadai terutama pada saat malam hari.



Gambar 4.3 Gambar tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan



Gambar 4. 4 Gambar organisasi perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Prarancangan pabrik kalium sulfat yang akan didirikan akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan saham yang mana setiap pemegang saham mendapatkan bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah bentuk surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan sebagai bentuk bukti kepemilikan terhadap perusahaan karena sudah memberikan dana sebagai modal perusahaan. Pemegang saham dalam Perseroan Terbatas (PT) bertanggung jawab memberikan penuh nominal yang disebutkan dalam setiap saham. Dasar pertimbangan dari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
- b. Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.
- c. Demi kelancaran produksi, maka tanggung jawab setiap pemegang saham dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- d. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi yang baik dapat membuat aktivitas dalam perusahaan menjadi efisien dan efektif. Pentingnya struktur organisasi adalah supaya karyawan memahami posisi masing-masing. Sehingga demi tercapainya keselarasan dan keselamatan kerja antar karyawan diperlukan hubungan komunikasi dalam perusahaan. Maka dari itu, struktur organisasi perusahaan menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab masing-masing karyawan dalam perusahaan sehingga tercapai keselamatan kerja antar karyawan. Sistem organisasi yang digunakan pada pabrik kalium sulfat adalah sistem *staff and line organization* (sistem garis).

Sistem *staff and line organization* adalah sistem dimana kekuasaan mengalir langsung dari direktur menuju manajer hingga ke

kepala bagian dan dilanjutkan ke karyawan. Berikut ini adalah kelebihan sistem *staff and line organization*:

- a. Kekuasaan dan kewenangan yang dibagi dengan jelas.
- b. Pimpinan memberikan perintah langsung kepada bawahan yang bersangkutan untuk mempercepat pengambilan keputusan.
- c. Dapat memperkecil biaya pengeluaran, karena hanya ada satu pimpinan kegiatan.

4.4.3 Tugas dan Wewenang Karyawan

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham:

1. Memilih dan memberhentikan komisaris.
2. Meminta pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah Ketua dari Pemegang Saham, dipilih dari Rapat Umum Pemegang Saham. Tugas dan wewenang dewan komisaris:

1. Memilih dan memberhentikan Direktur.

2. Mengawasi Direktur.
3. Menyetujui dan menolak rencana kerja yang diajukan Direktur.
4. Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada Pemegang Saham.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi:

1. Direktur teknik dan Produksi
2. Direktur Keuangan Tugas dan Wewenang:
 - a) Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris.
 - b) Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib Perusahaan.
 - c) Mengatur dan mengawasi keuangan Perusahaan.
 - d) Mengangkat dan memberhentikan pegawai.
 - e) Bertanggung jawab atas kelancaran Perusahaan.
3. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal:

- a) Pengawasan dan peningkatan mutu produksi.
- b) Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.
- c) Pengawasan peralatan pabrik.
- d) Perbaikana pemeliharaan alat-alat produksi.

4. Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam hal:

- a) Laba rugi perusahaan.
- b) Neraca keuangan.
- c) Administrasi perusahaan.
- d) Perencanaan pemasaran dan penjualan.

5. Staf Ahli

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut yaitu:

- a) Ahli Teknik
- b) Ahli Proses
- c) Ahli Ekonomi dan Marketing
- d) Ahli Hukum

6. Kepala Bagian

- a) Kepala Bagian terdiri dari:
 - 1) Kepala Bagian Teknik
 - 2) Kepala Bagian Produksi
 - 3) Kepala Bagian Umum
 - 4) Kepala Bagian Pemasaran
 - 5) Kepala Bagian Keuangan

b) Tugas umum Kepala Bagian:

- 1) Menjalankan organisasi/mengatur/mengkoordinasi atau mengawasi pekerjaan-pekerjaan seksi bawahannya.
- 2) Bertanggung jawab atas kerja seksi-seksi bawahannya.
- 3) Membuat laporan-laporan berkala dari seksi-seksi bawahannya.
- 4) Mengajukan saran-saran atau pertimbangan-pertimbangan mengenai usaha perbaikan kepala seksi.

c) Tugas khusus Kepala Bagian:

1) Kepala Bagian Teknik

Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi di segala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas).

2) Kepala Bagian Produksi

Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan bahan baku.

3) Kepala Bagian Umum

Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.

4) Kepala Bagian Pemasaran

Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen.

5) Kepala Bagian Keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan dan mengevaluasi hasil operasi keuangan.

7. Kepala Seksi

Tugas umum Kepala Seksi:

- a) Melakukan tugas operasional dalam bidang masing-masing.
- b) Merencanakan rencana yang telah ditetapkan direksi.
- c) Bertanggung jawab atas kelancaran/keserasian kerja atau personalia dari seksi-seksi kepala bagian.

Tugas khusus Kepala Seksi:

a) Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Menjamin keadaan peralatan/mesin-mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisien dan efektif.

b) Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi: air, listrik, *steam*, dan bahan bakar.

c) Seksi Riset dan Pengembangan

Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk,

selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.

d) Seksi Produksi dan Proses

Melakukan pembuatan produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.

e) Seksi Personalia dan Kesejahteraan

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

f) Seksi Keamanan

Melaksanakan dan mengatur hal-hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.

g) Seksi Administrasi

Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

h) Seksi Pemasaran dan Penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Di sini Direktur Utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

i) Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku/bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

j) Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendayagunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

k) Seksi Pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta *spare part* dan semua bahan-bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga, dan jumlah yang tepat.

4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun, 24 jam per hari. Sisa hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan mesin-mesin. Jam kerja untuk pegawai adalah sebagai berikut:

a. Untuk pekerja *non shift*

Bekerja dalam enam hari dalam seminggu, sedang hari Minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan *non shift* sebagai berikut:

1. Senin sampai Jum'at : 07.00 - 15.00
2. Sabtu : 07.00 - 13.00

b. Untuk pekerja *shift*

Sehari bekerja dalam 24 jam terbagi dalam 3 *shift*, yaitu:

1. Shift I (pagi) : 07.00 – 15.00
2. Shift II (siang) : 15.00 – 23.00
3. Shift III (malam) : 23.00 – 07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan pada 4.1.

Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Shift Regu

REGU	HARI KE:													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Keterangan:

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L =Libur

4.4.5 Status Karyawan dan Sistem Gaji

Pada pabrik ini sistem gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian.

Tabel 4. 3 Jabatan dan gaji karyawan

Jabatan	Gaji/Bulan	Jumlah	Gaji/Tahun
Direktur Utama	Rp 38.000.000,00	1	Rp 456.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	Rp 28.000.000,00	1	Rp 336.000.000,00
Staff ahli	Rp 18.000.000,00	1	Rp 216.000.000,00
Sekretaris	Rp 18.000.000,00	1	Rp 216.000.000,00
Direktur Keuangan dan Pemasaran	Rp 28.000.000,00	1	Rp 336.000.000,00
Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	Rp 28.000.000,00	1	Rp 336.000.000,00
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Teknik	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Bag. Umum dan Keamanan	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Sek. Proses	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	Rp 20.000.000,00	1	Rp 240.000.000,00

Tabel 4.3 Jabatan dan gaji karyawan (lanjutan)

Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Tata Usaha	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	Rp 15.000.000,00	1	Rp 180.000.000,00
Karyawan Proses	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Utilitas	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	Rp 5.500.000,00	8	Rp 528.000.000,00
Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	Rp 5.500.000,00	8	Rp 528.000.000,00
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Unit Pengolahan Limbah	Rp 5.500.000,00	4	Rp 264.000.000,00
Karyawan Tata Usaha	Rp 5.500.000,00	5	Rp 330.000.000,00
Karyawan Personalia	Rp 5.500.000,00	5	Rp 330.000.000,00
Karyawan Hubungan Masyarakat	Rp 5.500.000,00	5	Rp 330.000.000,00
Karyawan Keamanan	Rp 5.500.000,00	8	Rp 528.000.000,00
Operator	Rp 6.000.000,00	38	Rp 2.736.000.000,00

Tabel 4.3 Jabatan dan gaji karyawan (lanjutan)

Dokter	Rp 15.000.000,00	2	Rp 360.000.000,00
Perawat	Rp 6.000.000,00	4	Rp 288.000.000,00
Sopir	Rp 5.000.000,00	6	Rp 360.000.000,00
Cleaning Service	Rp 5.000.000,00	5	Rp 300.000.000,00
Satpam	Rp 5.000.000,00	6	Rp 360.000.000,00

4.4.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan Sosial Karyawan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain:

- a. Pakaian kerja, diberikan kepada karyawan tetap sebanyak 2 stel pakaian per tahun.
- b. Tunjangan, diberikan kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama-sama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
- c. Pengobatan, dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.
- d. Setiap karyawan berhak menjadi peserta Jamsostek dan dikoordinasikan oleh perusahaan.

4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan di antaranya adalah sebagai berikut:

a. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

3. Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Hak Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan *shift*, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*).

c. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

d. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

e. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

f. Penyediaan Fasilitas Bagi Karyawan

1. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
2. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
3. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
4. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
5. Penyediaan fasilitas kantin.

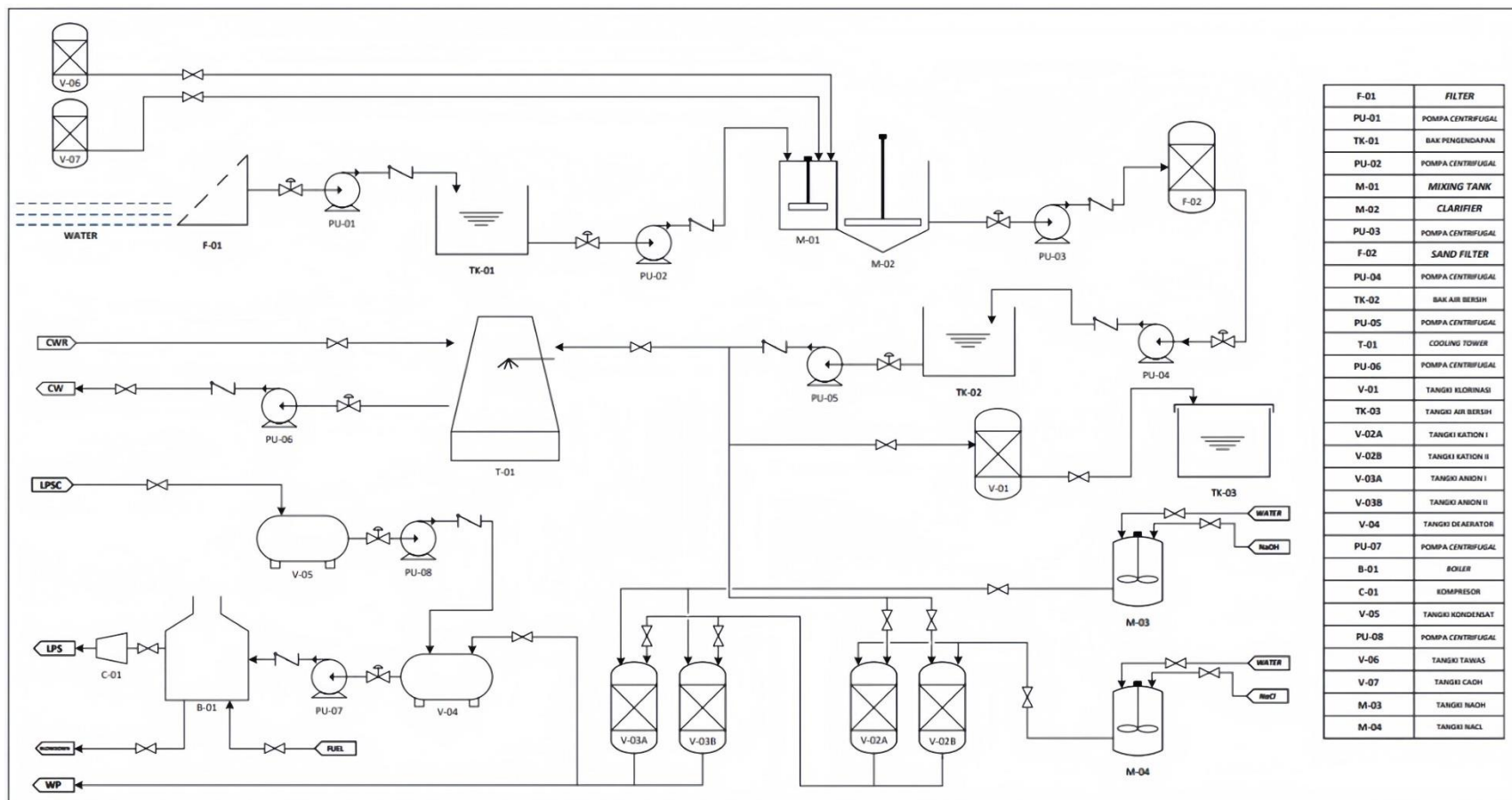
Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi :

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- f. Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5.1 Diagram alir utilitas

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air laut, maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik kalium sulfat ini berasal dari Sungai Donan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala mengalami kekeringan maupun kekurangan air dapat terjaga.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya cukup besar karena memiliki kandungan mineral dan garam yang perlu dipisahkan.

- c. Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Secara umum, kebutuhan air yang diperlukan sebagai utilitas pabrik kalium sulfat digunakan untuk keperluan sebagai berikut:

- a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

1. Air jernih
2. Tidak berbau
3. Tidak berasa
4. Tidak mengandung zat organik dan anorganik
5. Tidak beracun

Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air per orang sebesar 100 liter per hari. Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 150 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 15.000 kg/hari.

- b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti domestic water.

Perkiraan kebutuhan air untuk *service water* sebesar 10.800 kg/hari.

c. Air Proses

Pada pabrik kalium sulfat air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 3.156 kg/jam digunakan untuk keperluan proses di Mixer-01 dan Mixer-02. Perancangan dibuat over design sebesar 20% sehingga menjadi 3.787 kg/jam.

d. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

1. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
2. Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
3. Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

1. Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
2. Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
3. Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
4. Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient*

dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik kalium sulfat ini terlampir pada tabel 5.1 berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin

Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	381.899
	R-02	381.899
Kondensor	CD-01	407,0032
Crystalizer	CR-01	639213,1705
Cooling Conveyor	CC-01	17083,9240
Total		1.420.502

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 1.704.602 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan air *make-up*. Sehingga kebutuhan air make-up yaitu sebesar 3.957 kg/jam

e. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Penggunaan biocides dalam pengolahan air umpan boiler sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur yang dapat merusak sistem boiler dan mengurangi efisiensi

operasional. Biocides bekerja dengan membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme di dalam air, sehingga menjaga kebersihan dan keandalan sistem. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik kalium sulfat terlampir pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan *steam*

Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	HE-01	187,5203
	HE-02	16,9206
	HE-03	30,3539
	HE-04	2185,723
Evaporator	EV-01	14069,6209
Total		16.490,1390

Perencanaan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 19.788 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* akan mengalami *blowdown* sebesar 15%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan sebesar 2.968 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Beberapa tahap dalam pengolahan air yaitu :

a. Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan

menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*). Bertujuan menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar yang selanjutnya akan diproses pada bak penampung awal.

b. Penyaringan (*Screening*)

Screening merupakan bagian dari proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang berukuran lebih kecil akan terikut dengan aliran air kemudian dipisahkan pada taha selanjutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang *screener* untuk meminimalisir alat penyaring pada proses selanjutnya menjadi kotor dan cepat rusak.

c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

d. Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut

koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2\text{SO}_4)_3$.

e. Pengendapan

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basasehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga soda caustic (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

f. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. *Output* dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan

ditampung di *filtered water storage tank*.

g. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai airdomestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boiler feed water*), dan air proses.

h. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

i. *Cooling tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower*

berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

j. Demineralisasi

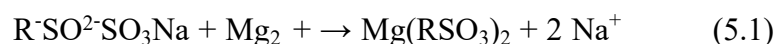
Air yang digunakan sebagai air umpan *boiler* untuk memproduksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi.

Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion.

Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut:

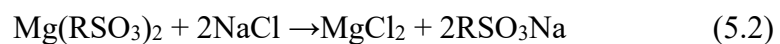
1. *Cation Exchange*

Cation exchanger merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{+}), natrium (Na^{+}), potassium (K^{+}), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}) diganti dengan ion H^{+} atau Na^{+} dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:



Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

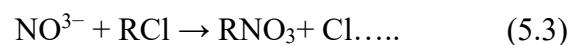


2. *Anion Exchanger*

Anion exchanger merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang terkandung dalam air seperti bikarbonat (HCO_3^{-}),

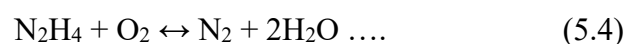
sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^-), dan silika (SiO_2), diganti dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula RCl . Anion-anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi.

Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam anion *exchanger* adalah sebagai berikut :



3. Deaerator

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada *cation exchanger* dan *anion exchanger* akan mengalami proses daerasi pada deaerator. Daerasi adalah proses pembersihan air umpan *boiler* dari gas-gas yang karbon dioksida (CO_2). *Demin water* dipompakan menuju deaerator kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_4) yang berfungsi untuk mengikat oksigen (O_2) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube *boiler*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam*

yang digunakan adalah *steam* jenuh suhu 222°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik kalium sulfat adalah *boiler*.

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api.

Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik kalium sulfat ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi

dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. *Generator* berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun *generator* yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 8.000 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik kalium sulfat ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan untuk peralatan proses

Tabel 5. 3 Total kebutuhan listrik alat proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Mixer 1	M-01	10,000	7,4571
2	Mixer 2	M-02	15,000	11,1857
3	Filter Press	F-01	3,000	2,2371
4	Reaktor	R-01	1,235	0,9207
6	Reaktor	R-02	2,539	1,8934
7	Pompa 1	P-01	0,050	0,0373
8	Pompa 2	P-02	0,167	0,1243
9	Pompa 3	P-03	0,050	0,0373
10	Pompa 4	P-04	0,050	0,0373
11	Pompa 5	P-05	0,083	0,0621
12	Pompa 6	P-06	0,125	0,0932
13	Pompa 7	P-07	0,125	0,0932
Total			32,424	24,179

b. Kebutuhan untuk utilitas

Tabel 5. 4 Total kebutuhan listrik utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompresor	C-01	7,500	5,5928
2	<i>Cooling tower</i> Fan	T-01	40,000	29,8285
3	Flokulator	M-01	0,125	0,0932
4	Clarifier	M-02	3,000	2,2371
5	Tangki NaOH	M-03	1,500	1,1186
6	Tangki NaCl	M-04	0,750	0,5593
7	Pompa 1	PU-01	75,000	55,9284
8	Pompa 2	PU-02	125,000	93,2140
9	Pompa 3	PU-03	125,000	93,2140
10	Pompa 4	PU-04	125,000	93,2140
11	Pompa 5	PU-05	125,000	93,2140
12	Pompa 6	PU-06	125,000	93,2140
13	Pompa 7	PU-07	3,000	2,2371
14	Pompa 8	PU-08	3,000	2,2371
Total			758,875	565,902

Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas = 565,902 kW

Angka keamanan diambil 10% dari total kebutuhan listrik = 5,9 kW Maka

daya total = 571,802 kW.

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan sebesar 25%

dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 162,272 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Power yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan *sebesar* 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 97,363 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Power yang digunakan untuk kantor (AC, Komputer, dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 97,363 \text{ kW.}$$

f. Kebutuhan Listrik Laboratorium, Tempat Ibadah, dll

Power yang digunakan untuk laboratorium, tempat ibadah, dll diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

$$P = 97,363 \text{ kW}$$

g. Kebutuhan Listrik Perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1200 watt

Jumlah rumah = 10 unit

Kebutuhan listrik perumahan = 12.000 watt = 12 kW

Tabel 5. 5 Total *kebutuhan listrik pabrik*

Total kebutuhan listrik Pabrik		
No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Unit Proses	35,67
2	Unit Utilitas	834,76
3	Alat kontrol	162,27
4	Penerangan	97,36
5	Kantor	97,36
6	Lab, Bengkel, dll	97,36
7	Perumahan	12
Total		1336,79

Kebutuhan listrik tersebut disuplai dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Namun, terdapat sebuah *generator* mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN mendadak.

h. Generator Cadangan

1. Kapasitas Generator

Efisiensi *generator* = 80%

Kapasitas = Total kebutuhan listrik/efisiensi
= 1.670 kW

2. Kebutuhan Bahan Bakar Generator

Sebagai bahan bakar digunakan IDO (*Industrial Diesel Oil*) yang digunakan dalam peralatan generator.

Spesifikasi:

$$\text{Viskositas} = 1 \text{ Cp}$$

$$\text{Heat Value} = 19.676 \text{ Btu/al}$$

$$\text{Derajat API} = 22-28 \text{ }^\circ\text{API}$$

$$\text{Densitas} = 836.63 \text{ Kg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar} &= ((\text{kapasitas}) \times (1 \text{ Btu/jam}/0,00029307 \\ &\quad \text{kW}))/\text{Heat Value} \\ &= 164,30 \text{ lt/jam} \end{aligned}$$

3. Dimensi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

$$\text{Jenis} = \text{Silinder tegak}$$

$$\text{Jumlah solar} = 421 \text{ lt/jam}$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 14 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (V)} &= \text{Jumlah solar} \times \text{waktupenyimpanan} \\ &= 39,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dirancang *over design* 20% dengan $D = H$, maka:

$$V = 39,59 \text{ m}^3$$

$$D = 3,69 \text{ m}$$

$$H = 3,69 \text{ m}$$

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen

udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 61,68 m³/jam dengan tekanan 7,2 bar.

5.5 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik kalium sulfat ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari pabrik kalium sulfat ini terdiri limbah cair dan padatan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut:

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

1. COD : maks. 100 mg/l
2. BOD : maks. 20 mg/l
3. TSS : maks. 80 mg/l
4. Oil : maks. 5 mg/l
5. pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses

dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

2. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

3. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain- lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

b. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut sludge. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)

2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.6 Spesifikasi Alat Utilitas

a. Pompa Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi pompa utilitas

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas			
	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap awal	Mengalirkan air dari bak pengendap awal menuju bak clarifier	Mengalirkan air dari bak clarifier menuju bak saringan pasir	Mengalirkan air dari bak saringan pasir menuju bak air bersih
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Mixed flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>	<i>Radial flow impeller</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas (gal/min)	11.304	10.765	10.253	10.253
Rate volumetrik (m ³ /s)	25,1860	23,98	22,844	22,844
Kecepatan aliran (ft/s)	8,5336	8,1272	7,7402	7,7402
ID (m)	0,5906	0,5906	0,5906	0,5906
OD (m)	0,6096	0,6096	0,6096	0,6096
IPS (m)	0,6096	0,6096	0,6096	0,6096
Flow area (m ²)	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742
Efisiensi (hp)	80%	92%	92%	92%
Power pompa (hp)	59,82	109,20	102,41	102,41
Power motor (hp)	75	125	125	125

Tabel 5. 7 Lanjutan spesifikasi pompa utilitas

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas			
	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan air dari bak air bersih menuju tangki deklorinasi	Mengalirkan air dari dasar menuju <i>cooling tower</i>	Mengalirkan airdari tangki umpan <i>boiler</i> menuju <i>waste heat boiler</i>	Mengalirkan airdari tangki kondensat menuju tangki umpan <i>boiler</i>
Jenis	Centrifugal pump	Centrifugal pump	Centrifugal pump	Centrifugal pump
Impeller	Mixed flowimpeller	Axial flowimpeller	Mixed flowimpeller	Mixed flowimpeller
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 GradeC</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas(gal/min)	10.052	8.810	117,61	102,27
Rate volumetrik(m ³ /s)	22,39	19,62	0,2621	0,2279
Kecepatan aliran(ft/s)	7,58	6,65	2,97	2,5837
ID (m)	0,5906	0,5906	0,1023	0,1023
OD (m)	0,6096	0,6096	0,1143	0,1143
IPS (m)	0,6096	0,6096	0,1016	0,1016
Flow area (m ²)	0,2742	0,2742	0,0082	0,0082
Efisiensi (hp)	92%	92%	68%	68%
Power pompa(hp)	99,82	84,53	1,52	1,29
Power motor (hp)	125	125	3	3

b. Bak Pengendap Awal

Tabel 5. 8 Spesifikasi bak pengendap awal

Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	
Kapasitas (m ³)	2.140	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	37	m
Lebar (m)	37	m
Tinggi (m)	18	m
Jumlah	1	unit

c. Bak Campur

Tabel 5. 9 Spesifikasi bak campur

Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpaldan pengurang kesadahan	
Kapasitas (m ³)	1.221,8	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Diameter (m)	9,2	m
Tinggi (m)	9,2	m
Tinggi cairan (m)	8,3	m
Jumlah blade	3	buah
Kecepatan putar	68	rpm
Diameter impeller	0,549	m
Efisiensi motor	80%	
Bahan	Carbon Steel	
Jumlah	1	unit

d. *Clarifier*Tabel 5. 10 Spesifikasi *clarifier*

Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpaldan pengurang kesadahan	
Kapasitas (m ³)	2.036	m ³
Waktu tinggal	3	jam
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Diameter (m)	19	m
Tinggi (m)	9	m
Jumlah	1	unit
Jumlah blade	3	buah
Kecepatan putar	68	rpm
Daya motor	3	hp

e. Bak Saringan Pasir

Tabel 5.10 Spesifikasi bak saringan pasir

Fungsi	Menyaring kotoran kotoran yang masih terbawa air dari <i>clarifier</i>	
Kapasitas (m ³)	250	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dari <i>carbon steel</i>	
Panjang (m)	7,9	Panjang (m)
Lebar (m)	7,9	Lebar (m)
Luas aliran (m)	3,9	Luas aliran (m)
Jumlah	1	Jumlah

f. Bak Air Bersih

Tabel 5.11 Spesifikasi bak air bersih

Fungsi	Mengendapkan menampung air bersih dari saringan pasir	
Kapasitas (m ³)	2.327	m ³

Tabel 5.11 Spesifikasi bak air bersih (lanjutan)

Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	16,6	m
Lebar (m)	16,6	m
Tinggi (m)	8,3	m
Jumlah	1	unit

g. Bak Air Rumah Tangga

Tabel 5.12 Spesifikasi bak air minum

Fungsi	Menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga	
Kapasitas (m ³)	29,3	m ³
Jenis bahan	Bak persegi panjang dengan beton bertulang	
Panjang (m)	3,3	m
Tinggi (m)	3,3	m
Jumlah	1	unit

h. *Cooling tower*Tabel 5.13 *Cooling tower*

Fungsi	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai pendingin		
Jenis	<i>Counter flow induced draft cooling tower</i>		
Kapasitas	1.666	m ³ /hari	
Kondisi operasi			
Suhu	Suhu masuk	45	°C
	Suhu keluar	25	°C
Tekanan	1	Atm	
Dimensi			
Panjang	8,8	m	
Lebar	8,8	m	
Luas	77,4	m ²	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>		
Jumlah	1	Unit	
Spesifikasi motor			
Daya motor fan	40	hp	

i. Tangki Kation

Tabel 5.14 Spesifikasi tangki kation

Fungsi	Menghilangkan mineral (ion negatif) yang masih terkandung di dalam air	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas resin	160,6	m ³
Jumlah	2	unit
Dimensi		
Tinggi	6,65	m
Diameter	5,54	M

j. Tangki NaCl

Tabel 5.15 Spesifikasi tangki NaCl

Fungsi	Melarutkan NaCl sebagai umpan regenerasi penukar kation	
Kapasitas	0,96	m ³
Bentuk	Tangki silinder tegak berpengaduk	
Dimensi Tangki		
Diameter	1	M
Tinggi	1,2	M
Tinggi cairan	1	M
Sistem Pengaduk		
Jenis	Flat blade turbine	
Jumlah blade	6	Buah
Kecepatan putar	188,08	Rpm
Diameter impeller	0,35	m
Power motor	0,75	hp
Efisiensi motor	80%	
Bahan	Carbon steel	
Jumlah	1	unit

k. Tangki Anion

Tabel 5.16 Spesifikasi tangki NaCl

Fungsi	Menghilangkan mineral (ion negatif) yang masih terkandung di dalam air	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas resin	51,39	m ³
Jumlah	2	unit
Dimensi		
Tinggi	4,55	m ³
Dimensi	3,79	m ³

1. Tangki NaOH

Tabel 5.17 Spesifikasi tangki NaOH

Fungsi	Melarutkan NaCl sebagai umpan regenerasi penukar kation	
Kapasitas	4,2	m ³
Bentuk	Tangki silinder tegak berpengaduk	
Dimensi Tangki		
Diameter	1,7	m
Tinggi	2,1	m
Tinggi cairan	1,7	m
Sistem Pengaduk		
Jenis	Flat blade turbine	
Jumlah blade	6	buah
Kecepatan putar	115,16	rpm
Diameter impeller	0,58	m
Power motor	1,5	hp
Efisiensi motor	70%	
Bahan	Carbon steel	
Jumlah	1	unit

m. Tangki Umpan *Boiler*Tabel 5.18 Spesifikasi tangki umpan *boiler*

Fungsi	Menyimpan air umpan <i>boiler</i> selama	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	unit
Dimensi		
Panjang	15	M
Diameter	5	M

n. Kondensor

Tabel 5.19 Spesifikasi Kondensor

Fungsi	Menampung kondensat	
Jenis	Tangki silinder horizontal	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	1	unit
Dimensi		
Diameter	3,4	m
Dimensi	6,8	m

o. *Boiler*Tabel 5.20 Spesifikasi *Boiler*

Fungsi	Membuat <i>steam</i> jenuh pada tekanan4,76 bar	
Jenis	<i>Boiler</i> lorong api	
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	
Dimensi		
ID	1,73	m
OD	0,09	m
a"	0,28	m ² /m
L	0,36	m
A	1996	m ² /m
Jumlah pipa	20101	buah

p. Udara

Tabel 5.21 Spesifikasi udara

Fungsi	Kompresor sentrifugal		
Tugas	Menekan udara yang diinginkan dan mengubah tekanan menjadi yang diinginkan		
Volume	0,504		m ³
Spesifikasi			
Jumlah stage	1		
Daya penggerak	0,166		hp
Suhu	177,49		C
Tangki Silika		Tangki Udara Tekan	
Jenis	Silinder tegak dengan <i>torispherical top</i> dan <i>bottom</i>	Jenis	Silinder horizontal
Tugas	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara	Tugas	Menampung udara tekan selama 2 jam
Volume (m ³)	0,37	Volume (m ³)	0,504
Diameter (m)	0,78	Diameter (m)	0,598
Tinggi (m)	1,56	Panjang (m)	1,794

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Pra-rancangan pabrik membutuhkan analisa ekonomi agar dapat memperkirakan terkait kelayakan investasi modal dalam suatu produksi pabrik, Analisa ekonomi dilakukan melalui peninjauan kebutuhan modal investasi, besar laba yang diperoleh, jangka waktu modal investasi dapat dikembalikan, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, analisa ekonomi juga ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang layak atau tidak untuk didirikan dan mendapatkan keuntungan. Adapun beberapa faktor yang perlu ditinjau dalam evaluasi ekonomi, antara lain:

- a. *Return Of Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Even Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Sebelum melakukan analisa terhadap lima faktor tersebut, maka diperlukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut:

- a. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi:
 1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah banyaknya pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan

fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik.

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*) adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.
- b. Penentuan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*), meliputi:
1. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
 2. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik
 3. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*) adalah biaya yang selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.
- c. Biaya Pengeluaran Umum (*General Cost*), merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk kedalam *Manufacturing Cost*, meliputi:
1. Pendapatan Modal Untuk mengetahui titik impas, perlu dilakukan perkiraan terhadap:
 - a) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b) Biaya Variabel (*Variable Cost*)
 - c) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)
- d. Analisa Kelayakan Ekonomi
1. *Return On Investment* (ROI) adalah besarnya keuntungan yang

diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap.

2. *Pay out time* (POT) adalah waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap *Fixed Capital Investment* (FCI) berdasarkan keuntungan tiap tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) adalah terjadinya titik impas dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknnya, maka pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian.
4. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor seperti *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga alat akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu dan juga menyesuaikan dengan keadaan ekonomi yang ada. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan pada tahun tertentu dapat dilihat dari indeks harga yang ada. Indeks harga tersebut disebut dengan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks harga per tahun

Tahun ke	Tahun	Index
1	2000	394,1
2	2001	394,3
3	2002	395,6
4	2003	402
5	2004	444,2
6	2005	468,2
7	2006	499,6
8	2007	525,4
9	2008	575,4
10	2009	521,9
11	2010	550,8
12	2011	585,7
13	2012	584,6
14	2013	567,3
15	2014	576,1
16	2015	556,8
17	2016	541,7
18	2017	567,5
19	2018	603,1
20	2019	607,2
21	2020	616,6
22	2021	626,1
23	2022	635,5
24	2023	644,9

Penentuan indeks harga pada tahun tahun berikutnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sehingga didapatkan persamaan:

$$y = 10,497X - 20578 \dots \dots \dots (5.1)$$

Berdasarkan persamaan diatas, diperoleh indeks pada tahun 2026 sebesar 688,9. Selain itu, digunakan indeks pada tahun 2014 sebagai acuan atau

referensi harga alat yaitu sebesar 576,1. Setelah diperoleh indeks harga, dilanjutkan dengan menentukan harga alat berdasarkan indeks tahun yang diinginkan dan juga indeks tahun referensi dengan menggunakan rumus:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana :

Ex = Harga pembelian pada tahun 2026

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi (2014)

Nx = Indeks harga pada tahun 2026

Ny = Indeks harga pada tahun referensi (2014)

Berdasarkan perhitungan dengan rumus yang ada, diperoleh harga alat proses dan alat utilitas pada tabel 6.2

Tabel 6.2 Harga alat proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)
				2014	2026	
1	Tangki H ₂ SO ₄	T-01	1	\$ 30.700	\$ 35.373	Rp 576.222.826
2	Silo K ₂ O	SL-01	1	\$ 800	\$ 922	Rp 15.015.579
3	Silo K ₂ SO ₄	SL-02	1	\$ 800	\$ 922	Rp 15.015.579
4	Belt Conveyor	BC-01	1	\$ 8.200	\$ 9.448	Rp 153.909.680
5	Cooling Conveyor	CC-01	1	\$ 45.300	\$ 52.195	Rp 850.257.134
6	Screw Conveyor 1	SC-01	1	\$ 3.500	\$ 4.033	Rp 65.693.156
7	Screw Conveyor 2	SC-02	1	\$ 3.500	\$ 4.033	Rp 65.693.156
8	Bucket Elevator 1	BE-01	1	\$ 4.500	\$ 5.185	Rp 84.462.629
9	Bucket Elevator 2	BE-02	1	\$ 4.500	\$ 5.185	Rp 84.462.629
10	Bucket Elevator 3	BE-03	1	\$ 4.500	\$ 5.185	Rp 84.462.629
11	Mixer H ₂ SO ₄	M-01	1	\$ 70.110	\$ 80.781	Rp 1.315.927.763
12	Mixer K ₂ O	M-02	1	\$ 71.200	\$ 82.037	Rp 1.336.386.489

13	Filter	F-01	1	\$ 9.800	\$ 11.292	Rp 183.940.837
14	Reaktor 1	R-01	1	\$ 105.200	\$ 121.212	Rp 1.974.548.577
15	Reaktor 2	R-02	1	\$ 105.200	\$ 121.212	Rp 1.974.548.577
16	Evaporator	EV-01	1	\$ 19.700	\$ 22.699	Rp 369.758.621
17	Kristalizer	CR-01	1	\$ 36.500	\$ 42.056	Rp 685.085.770
18	<i>Centrifuge</i>	CF-01	1	\$ 24.600	\$ 28.344	Rp 461.729.040
19	<i>Rotary Dyer</i>	RD-01	1	\$ 145.100	\$ 167.185	Rp 2.723.450.556
20	<i>Cyclone</i>	CY-01	1	\$ 7.100	\$ 8.181	Rp 133.263.259
21	<i>Ball mill</i>	BM-01	1	\$ 237.500	\$ 273.649	Rp 4.457.749.876
22	Heater 1	HE-01	1	\$ 26.300	\$ 30.303	Rp 493.637.144
23	Heater 2	HE-02	1	\$ 22.200	\$ 25.579	Rp 416.682.304
24	Heater 3	HE-03	1	\$ 22.200	\$ 25.579	Rp 416.682.304
25	Heater 4	HE-04	1	\$ 64.100	\$ 73.857	Rp 1.203.123.230
26	<i>Blower</i>	BL-01	1	\$ 14.500	\$ 16.707	Rp 272.157.361
27	Condensor	CD-01	1	\$ 44.200	\$ 50.928	Rp 829.610.714
28	Pompa 1	P-01	1	\$ 6.000	\$ 6.913	Rp 112.616.839
29	Pompa 2	P-02	1	\$ 6.000	\$ 6.913	Rp 112.616.839
30	Pompa 3	P-03	1	\$ 6.000	\$ 6.913	Rp 112.616.839
31	Pompa 4	P-04	1	\$ 4.500	\$ 5.185	Rp 84.462.629

Tabel 6.2 Harga alat proses (lanjutan)

32	Pompa 5	P-05	1	\$ 6.000	\$ 6.913	Rp 112.616.839
33	Pompa 6	P-06	1	\$ 6.000	\$ 6.913	Rp 112.616.839
34	Pompa 7	P-07	1	\$ 5.200	\$ 5.991	Rp 97.601.260
TOTAL				\$ 1.171.510	\$ 1.349.824	Rp 21.988.625.503

Tabel 6.3 Harga alat utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)
				2014	2026	
1	Pompa	PU-01	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261
2	Pompa	PU-02	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261
3	Pompa	PU-03	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261
4	Pompa	PU-04	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261
5	Pompa	PU-05	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261

6	Pompa	PU-06	1	\$ 3.300	\$ 3.802	Rp 61.939.261
7	Pompa	PU-07	1	\$ 2.800	\$ 3.226	Rp 52.554.525
8	Pompa	PU-08	1	\$ 2.800	\$ 3.226	Rp 52.554.525
9	Bak Pengendapan awal	TK-01	1	\$ 10.150	\$ 11.695	Rp 190.510.153
10	Tangki Tawas	V-06	1	\$ 1.500	\$ 1.728	Rp 28.154.210
11	Tangki CaOH	V-07	1	\$ 1.200	\$ 1.383	Rp 22.523.368
12	Tangki Kation	V-02A/B	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
13	Tangki Anion	V-03A/B	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
14	Tangki NaOH	M-03	1	\$ 1.200	\$ 1.383	Rp 22.523.368
15	Tangki NaCl	M-04	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
16	<i>Mixing Tank</i>	M-01	1	\$ 1.800	\$ 2.074	Rp 33.785.052
17	Klarifier	M-02	1	\$ 15.900	\$ 18.320	Rp 298.434.623
18	<i>Sand Filter</i>	F-02	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
19	Bak Penampungan air bersih	TK-02	1	\$ 10.000	\$ 11.522	Rp 187.694.732
20	<i>Cooling tower</i>	T-01	1	\$ 35.600	\$ 41.019	Rp 668.193.245
21	Tangki Klorinasi	V-01	1	\$ 1.100	\$ 1.267	Rp 20.646.420
22	Tangki Air Bersih	TK-03	1	\$ 1.200	\$ 1.383	Rp 22.523.368
23	Kompresor	C-01	1	\$ 1.500	\$ 1.728	Rp 28.154.210
24	<i>Boiler</i>	B-01	1	\$ 3.800	\$ 4.378	Rp 71.323.998
25	Tangki Deaerator	V-04	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
26	Tangki Kondensat	V-05	1	\$ 1.000	\$ 1.152	Rp 18.769.473
				\$ 116.350	\$ 134.059	Rp 2.183.828.202

6.3 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas Produksi = 10.000 Ton/Tahun
= 10.000.000 Kg/Tahun
- b. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
- c. Umur Pabrik = 10 Tahun
- d. Tahun Pendirian Pabrik = 2026
- e. Indeks Harga pada Tahun 2026 = 688,9

- f. Upah Buruh Asing = \$10,00/man hour
- g. Upah Buruh Indonesia = Rp 20.000,00/man hour
- h. Kurs Dolar = \$1 =Rp 16.290,00

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 *Total Capital Investment*

Total Capital Investment adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas penunjang dan operasi pabrik.

Total Capital Investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik, yaitu:

1. *Purchased Equipment Cost*
2. *Equipment Installation*
3. *Piping*
4. *Instrumentation*
5. *Insulation*
6. *Electrical*
7. *Building*
8. *Land and Yard Improvement*
9. *Utility*
10. *Engineering Cost*
11. *Construction Cost*

12. *Contractor Cost*

13. *Contingency*

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	\$ 24.172.453.705	\$ 1.483.883
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$ 6.043.113.426	\$ 370.971
3	Instalasi cost	\$ 4.850.130.868	\$ 297.737
4	Pemipaan	\$ 12.323.818.775	\$ 756.527
5	Instrumentasi	\$ 6.212.231.569	\$ 381.352
6	Insulasi	\$ 1.067.542.511	\$ 65.534
7	Listrik	\$ 2.417.245.371	\$ 148.388
8	Bangunan	\$ 1.876.120	\$ 1.876.120
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$ 2.343.363	\$ 2.343.363
Total		\$ 57.090.755.708	\$ 7.723.875

Tabel 6.5 *Direct Plant Cost*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	Rp 25.164.383.745	Rp 1.544.775
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp 150.986.302.470	Rp 9.268.650
Total		Rp 176.150.686.215	Rp 10.813.425

Tabel 6.6 *Fix Capital Investment*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp 150.986.302.470	\$ 9.268.650
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp 7.549.315.124	\$ 463.432
3	<i>Contingency</i>	Rp 37.746.575.618	\$ 2.317.162
Total		Rp 196.282.193.211	\$ 12.049.245

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari:

1. *Raw Material Inventory*
2. *In Process Inventory*
3. *Product Inventory*
4. *Extended Credit*
5. *Available Cash*

Tabel 6.7 *Work Capital Investment*

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 1.608.614.591	Rp 98.749
2	<i>Inprocess Inventory</i>	Rp 3.482.675.251	Rp 213.792
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 14.925.751.075	Rp 916.252
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 7.272.424.242	Rp 446.435
5	<i>Available Cash</i>	Rp 14.925.751.075	Rp 916.252
Total		Rp 42.215.216.234	Rp 2.591.480

6.4.2 *Total Production Cost*

a. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan jumlah direct, indirect, dan *fixed manufacturing cost* yang terikat dalam pembuatan suatu produk.

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari:

- a) *Raw material*
- b) *Tenaga Kerja*
- c) *Supervisor*
- d) *Maintenance Cost*
- e) *Plant Supplies*
- f) *Royalties and Pantent*
- g) *Utilities*

Tabel 6.8 *Direct manufacturing cost*

No	<i>Time of Expenses (DMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	\$ 37.917.343.928	\$ 2.327.645
2	<i>Labor</i>	\$ 14.898.000.000	\$ 914.549
3	<i>Supervision</i>	\$ 1.489.800.000	\$ 91.455
4	<i>Maintenance</i>	\$ 11.776.931.593	\$ 722.955
5	<i>Plant Supplies</i>	\$ 1.766.539.739	\$ 108.443
6	<i>Royalty and Patents</i>	\$ 2.399.900.000	\$ 147.324
7	<i>Utilities</i>	\$ 47.207.883.377	\$ 2.897.967
Total		\$ 117.456.398.637	\$ 7.210.338

2. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost merupakan total biaya pengeluaran secara tidak langsung karena operasional atau

berjalannya pabrik, terdiri dari:

- a) *Payroll Overhead*
- b) *Laboratory*
- c) *Plant Overhead*
- d) *Packaging*
- e) *Shipping*

Tabel 6.9 *Indirect manufacturing cost*

No	<i>Time of Expenses (IMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	\$ 2.234.700.000	\$ 137.182
2	<i>Laboratory</i>	\$ 1.489.800.000	\$ 91.455
3	<i>Plant Overhead</i>	\$ 7.449.000.000	\$ 457.274
4	<i>Packaging and Shipping</i>	\$ 11.999.500.000	\$ 736.618
Total		\$ 23.173.000.000	\$ 1.422.529

3. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi, terdiri dari:

Tabel 6.10 *Fix manufacturing cost*

No	<i>Time of Expenses (FMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	\$ 19.628.219.321	\$ 1.204.924
2	<i>Property Taxes</i>	\$ 1.962.821.932	\$ 120.492
3	<i>Insurance</i>	\$ 1.962.821.932	\$ 120.492
Total		\$ 23.553.863.185	\$ 1.445.909

Tabel 6.11 *Manufacturing cost*

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$ 117.456.398.637	\$ 7.210.338
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$ 23.173.000.000	\$ 1.422.529
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	\$ 23.553.863.185	\$ 1.445.909
Total		\$ 164.183.261.822	\$ 10.078.776

6.4.3 *General Expans*

General Expense merupakan pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*, terdiri dari:

- a. *Administration*
- b. *Sales Expense*
- c. *Research*
- d. *Finance*

Tabel 6. 12 *General expense*

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 4.925.497.855	Rp 302.363
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 8.209.163.091	Rp 503.939
3	<i>Research</i>	Rp 5.746.414.164	Rp 352.757
4	<i>Finance</i>	Rp 4.769.948.189	Rp 292.814
Total		Rp 23.651.023.298	Rp 1.451.874

Tabel 6. 13 *Total production cost*

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 164.183.261.822	Rp 10.078.776
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 23.651.023.298	Rp 1.451.874
Total		Rp 187.834.285.120	Rp 11.530.650

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya pabrik yang akan didirikan. Evaluasi ekonomi terdiri dari:

6.5.1 *Return of Invesment (ROI)*

Return of Investment merupakan nilai keuntungan tahunan yang diperoleh untuk tujuan mengembalikan modal investasi. *Return Of Investment (ROI)* dapat dihitung dengan membandingkan total keuntungan tahunan dengan modal investasi. Perusahaan atau industri kimia yang memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 11% dapat dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi akan memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 44% (Aries&Newton,1955).

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

- a. Hasil Penjualan = Rp 239.990.000.000
- b. Biaya Produksi = Rp 187.834.285.120
- c. Keuntungan Sebelum Pajak = Hasil Penjualan – Biaya Produksi
= Rp 52.155.714.880
- d. Pajak = 25% x Keuntungan Sebelum Pajak
= Rp 10.431.142.976
- e. Keuntungan Setelah Pajak = Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak
= Rp 41.724.571.904

f. ROI Sebelum Pajak

$$\frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$= 27\%$$

g. ROI Setelah Pajak

$$\frac{\text{keuntungan sesudah pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$= 21\%$$

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time merupakan jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Pada industri kimia, batas maksimum POT sebelum pajak untuk *low risk* yaitu 5 tahun dan *high risk* yaitu 2 tahun.

a. POT Sebelum Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit Before Taxes}} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 2,7 Tahun

b. POT Setelah Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit After Taxes}} \times 100\%$$

POT setelah pajak = 3,2 Tahun

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan suatu titik impas dimana jumlah seluruh pendapatan sama dengan jumlah seluruh pengeluaran. Suatu

pabrik akan mengalami kerugian apabila berada dibawah standar BEP dan akan mendapat keuntungan jika beroperasi diatas standar BEP. Pada umumnya, nilai BEP berkisar antara 40% - 60% dari kapasitas.

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 \times Ra)}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\% = 45\%$$

Dimana:

Fa = *Fixed Cost*

Ra = *Regulated Cost*

Va = *Variable Cost*

Sa = *Sales Price*

Tabel 6.14 *Fix Cost*

Fa (Fixed Cost)		
<i>Depresiasi</i>	\$ 19.628.219.321	\$ 1.204.924
<i>Property Taxes</i>	\$ 1.962.821.932	\$ 120.492
<i>Asuransi</i>	\$ 1.962.821.932	\$ 120.492
Total	\$ 23.553.863.185	\$ 1.445.909

Tabel 6.15 *Regulated Cost*

Ra (Regulated Cost)		
<i>Gaji Karyawan</i>	Rp 14.898.000.000	Rp 914.549
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.234.700.000	Rp 137.182
<i>Supervision</i>	Rp 1.489.800.000	Rp 91.455
<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.449.000.000	Rp 457.274
<i>Laboratorium</i>	Rp 1.489.800.000	Rp 91.455

<i>General Expense</i>	Rp 23.651.023.298	Rp 1.451.874
<i>Maintenance</i>	Rp 11.776.931.593	Rp 722.955
<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.766.539.739	Rp 108.443
Total	Rp 64.755.794.630	Rp 3.975.187

Tabel 6.16 *Variable Cost*

Va (Variable Cost)		
<i>Raw Material</i>	Rp 37.917.343.928	Rp 2.327.645
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 11.999.500.000	Rp 736.618
<i>Utilities</i>	Rp 47.207.883.377	Rp 2.897.967
<i>Royalty and Patent</i>	Rp 2.399.900.000	Rp 147.324
Total	Rp 99.524.627.305	Rp 6.109.554

Berdasarkan data yang diperoleh dan nilai *sales price* (*Sa*) sebesar Rp 239.990.000.000, diperoleh nilai BEP sebesar 45%.

6.5.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point merupakan suatu titik kapasitas produksi dimana pada kondisi ini menutup pabrik akan lebih menguntungkan daripada tetap mengoperasikannya. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diinginkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas dalam satu tahun, maka pabrik tersebut harus berhenti beroperasi atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

Dimana:

F_a = *Fixed Cost*

R_a = *Regulated Cost*

V_a = *Variable Cost*

S_a = *Sales Price*

6.5.5 ***Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)***

Discounted Cash Flow Rate of Return merupakan metode yang digunakan untuk menentukan *present value* untuk *cash flow* di masa depan. Metode ini mempertimbangkan nilai uang tiap tahun dan investasi yang tidak Kembali. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan DCFR yaitu:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF \times [(1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1] + SV + WCI$$

Dimana:

R = S

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

CF = *Annual Cash Flow*

I = *Discounted Cash Flow Rate* 142

n = *Umur Pabrik*

Salvage Value = $10\% \times FCI$

$$= \text{Rp } 19.628.219.321$$

$$\text{Cash Flow} = \text{Annual Profit} + \text{Depreciation} + \text{Finance}$$

$$= \text{Rp } 66.122.739.413$$

Setelah dilakukan perhitungan trial and error, maka diperoleh:

$$R = \text{Rp } 3.160.410.647.334$$

$$S = \text{Rp } 3.160.410.647.334$$

$$I = 0.2949$$

$$\text{Error} = 0$$

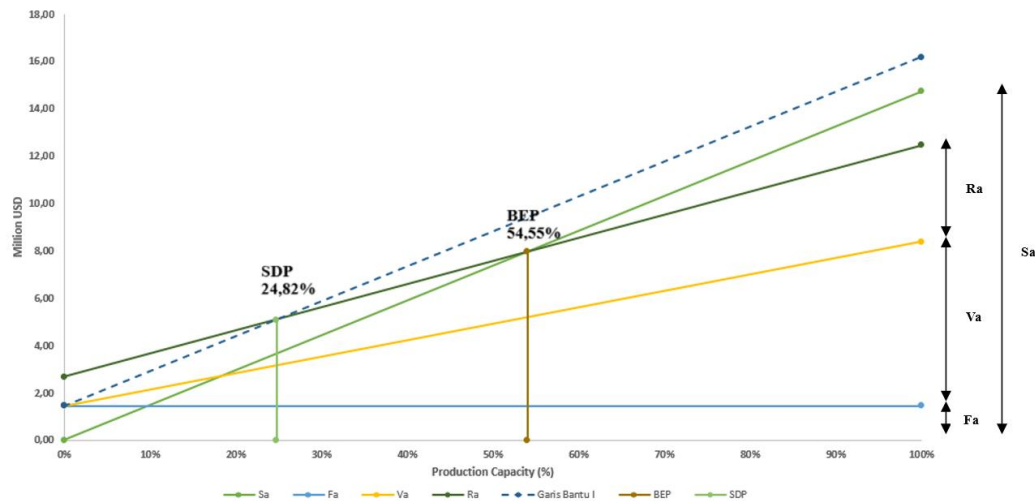
$$\text{Interest (i)} = 29 \%$$

$$\text{Bunga bank Indonesia} = 6,25\%$$

$$\text{Suku bunga bank tahun 2026} = 9,38\%$$

Tabel 6. 17 Analisis kelayakan pabrik

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Referensi
ROI sebelum pajak	18%	<i>ROI before taxes</i> minimum low 11 %	<i>Aries Newton,</i> <i>P.193</i>
ROI setelah pajak	14%		
POT sebelum pajak	3,5	<i>POT before taxes</i> maksimum, low 5 th	<i>Aries Newton,</i> <i>P.196</i>
POT setelah pajak	4,2		
BEP	54,55%	kisaran 40-60%	
SDP	24,82%	> 20%	
DCFRR	29%	> 1,5 bunga bank = minimum	



Gambar 6.1 Analisis biaya per kapasitas

6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisa risiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecil risiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap risiko tersebut. Berdasarkan analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik kalium sulfat termasuk kategori risiko *low risk* dengan mempertimbangkan:

a. Kondisi operasi

Perancangan pabrik kalium sulfat dengan suhu berkisar antara 30°C hingga 120°C dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung tidak beresiko melihat kondisi operasi yang konstan pada tekanan 1 atm.

b. Bahan baku dan produk

Bahan baku dan produk dari pra rancangan pabrik kalium sulfat memiliki sifat kimia yang tidak mudah terbakar. Selain itu tidak ada sisa dari proses reaksi yang terbuang ke lingkungan, sehingga terhitung cukup aman untuk lingkungan.

c. Identifikasi hazard

Seperti pada tabel berikut yang berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan yang digunakan pada pra rancangan pabrik ini

Tabel 6. 18 Identifikasi hazard pabrik

Komponen	Hazard						Keterangan	Pengolahan
	Eksplosif	Toxic	Korosif	Iritasi	Oxidizin	Radioaktif		
Bahan Baku								
Abu Janjang Kelapa Sawit							Bahan ini dianggap tidak berbahaya	Simpan di tempat tertutup, kering, dan jauh dari sumber api
Bahan Pendukung								
Asam Sulfat			x	x			Melepas hidrogen jika bereaksi dengan logam	Tidak diperkenankan disimpan dalam wadah yang mengandung logam dan tempat tertutup rapat
Produk								
Kalium Sulfat				x	x		Termasuk mudah terkontaminasi sehingga harus berada ditempat yang tertutup	Simpan kalium sulfat ditempat kering, sejuk, dan terlindungi dari kelembapan.

d. Bahan Baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel diatas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

Abu janjang kelapa sawit sebagai bahan baku utama dianggap tidak berbahaya, dengan tindakan pencegahan yang tepat, seperti memastikan abu janjang disimpan di area kering dan terlindung dari kelembapan untuk mencegah pembentukan gumpalan dan kerusakan kualitas, meletakkan ditempat yang kedap udara dan berventilasi baik.

e. Bahan Pembantu

Berdasarkan data yang ada pada tabel diatas mengenai identifikasi hazard, di dapatkan data untuk asam sulfat sebagai bahan pembantu yang memiliki risiko yang cukup tinggi, terutama karena reaktif jika berkaitan dengan senyawa lain. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah penyimpanan yang baik dan efisien terutama di tempat yang tidak mengandung logam sehingga risiko dapat dikurangi.

f. Produk

Kalium Sulfat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa kalium sulfat harus disimpan ditempat yang sejuk dan kering untuk menjaga kelembapan dan agar tidak menggumpal.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa terhadap perancangan pabrik kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pendirian pabrik kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan kalium sulfat dalam negeri dan juga untuk mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- b. Pabrik biodiesel didirikan dengan luas tanah 14.405 m² yang berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 151 orang.
- c. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik kalium sulfat dari abu janjang kelapa sawit didapatkan bahwa:
 1. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 52.155.714.880
 2. Keuntungan setelah pajak sebesar Rp 41.724.571.904
 3. *Return Of Investment* (ROI)
 - a) ROI sebelum pajak sebesar 18%
 - b) ROI setelah pajak sebesar 14%
 4. *Pay Out Time* (POT)
 - a) POT sebelum pajak sebesar 3,5 Tahun
 - b) POT setelah pajak sebesar 4,2 Tahun

5. *Break Even Point* (BEP) sebesar 54,55%, dengan syarat BEP pada umumnya berada di rentang 40% - 60%
 6. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,82%
 7. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 29%, angka tersebut masih memenuhi syarat minimum untuk pabrik kimia.
- d. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi, disimpulkan bahwa Pabrik Kalium Sulfat dari Abu Janjang Kelapa Sawit dengan Kapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan. Adapun konsep – konsep tersebut diantaranya:

- a. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- b. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.
- c. Produk kalium sulfat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
- d. Pemenuhan bahan baku didapat dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut, jadi

diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badger and Banchero, 1955, "*Introduction to chemical Engineering, Mc Graw Hill Book Company*", Tokyo.
- Brown, G.G. (1978). *Unit Operations. John Wiley and Sons Inc. New York*
- Brownell and Young, 1959, "*Process Equipment Design*", Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Cabe, M., Warren, L., & Smith, J. C. (1985). *Unit Operation of Chemical Engineering*
- Geankoplis, Christie J, 1997, "*Transport Processes and Unit Operation*", ed 3, New Delhi.
- Hesse, H.C. and Rouston, Henry, 1945, "*Process Equipment Design*", cet 8, Van Nostrand, New Jersey.
- Joshi, M.V., 1981, "*Process Equipment Design*", McGraw Hill Company, Ltd, New York.
- Kern, D.Q. (1950). *Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York*
- McCabe and Smith, 1993, "*Unit Operation of Chemical Engineering*", ed 5, McGraw Hill, New York
- Mubarak, Yousef Ahmad, 2018, "*Integrated Process for Potassium Sulfate and a Mixture of Ammonium Chloride/Potassium Sulfate Salt Production*", *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 7 Issue 4 : 185 – 197.

- Mulyono, P. 2021. *Ekonomi TEKNIK: Lengkap dengan Evaluasi Ekonomi Pabrik Kimia Dan Soal - Penyelesaian*. UGM PRESS.
- Peters and Timmerhaus, 1991, "*Plant Design and Economic for chemical Engineering*", ed 4, Mc Graw Hill Inc.
- Perry, R.H., 1974, "*Chemical Engineering Hand Book*" 5th edition, Mc Graw Hill Book, Kogakusha, Ltd, Tokyo.
- Perry, R.H., and Green, D.W., (1986), *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., (1987), *Introduction to Chemical Enigneering Thermodynamics*, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York
- Treyball, R. E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Wallas. S.M. 1988. *Chemical Process Equipment*. Butterworth Publishers,
- Ulrich, G.D., 1984, "*A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic*", John Wiley and Sons, USA.
- Walas, Stanley M., 1998, "*Chemical Process Equipment*", Butterworth Heineman, Washington.
- Yaws, C.L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.

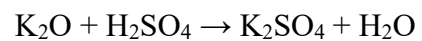
LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat bereaksinya kalium oksida (K_2O) dengan : asam sulfat (H_2SO_4) untuk menghasilkan kalium sulfat (K_2SO_4)
Fasa	: Cair-cair
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bentuk	: Tangki Silinder
Bahan	: <i>Stainless steel SA-240 type 316</i>
Kondisi Operasi	: <i>isothermal</i>
1. Suhu (T)	: 90°C
2. Tekanan (P)	: 1 atm
Konversi	: 93,01%

1. Neraca Massa

Reaktor Reaksi di reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/jam	Kg/jam
K_2O	707,0707	49,4949
H_2SO_4	1237,3737	551,816
K_2SO_4	-	1749,5096
H_2O	1623,5908	1217,2147

2. Densitas Campuran

Komponen	Massa (Kg/jam)	Fraksi Massa	Densitas(Kg/m ³)	Densitas Campuran (kg/m ³)
K ₂ O	707,0707	0,1982	2340	463,7133
H ₂ SO ₄	1237,3737	0,3468	1832	635,2575
H ₂ O	1623,5908	0,455	1000	455,0378
TOTAL	3568,0353	1	5172	1561,0493

3. Perhitungan Reaktor

- a. Menentukan laju alir volumetrik (Fv, L/Jam)

$$Fv = \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}}$$

$$= \frac{3568,0353}{1554,0086}$$

$$= 7,0406 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 7.040,67 \text{ L/jam}$$

Sehingga didapatkan kecepatan Volumetrik sebesar 7.040,67 L/jam.

- b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

Menghitung Konsentrasi mol umpan reaktan pembatas pada reaksi esterifikasi yaitu asam lemak adalah senyawa A

$$CAo = \frac{\text{Mol A}}{\text{Total Fv}} = \frac{7,5221}{7.040,67} = 0,00107 \text{ kmol/liter}$$

- c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan reaksi, asumsi:

1) Reaksi orde 2

2) Reaksi irreversible

3) Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama

dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A \times \exp - \frac{Ea}{RT}$$

K = konstanta kecepatan reaksi
T = suhu reaksi (K)

Ea = Energi aktivasi (J/mol)

A = Faktor frekuensi (L/mol.s)

R = Konstanta Gas Ideal

$$k = 1,5 \times 10^{-9} e^{-5480/T} = 0,3241/\text{jam}$$

d. Menentukan Volume Reaktor

$$= \frac{Fv \times Xa}{k \times (1 - Xa)}$$

1) Jumlah 1 buah reaktor

Fv	7,0407 m ³ /jam
k	0,3241 / jam
Konversi (Xa)	93,01%
Volume	289.156 m ³
	76.386,95 gallon

2) Jumlah 2 reaktor

Fv	7,0407 m ³ /jam
k	0,3241 / jam
Konversi (Xa)	93,01%
Volume	69,15 m ³
	18.266,61 gallon

3) Jumlah 3 reaktor

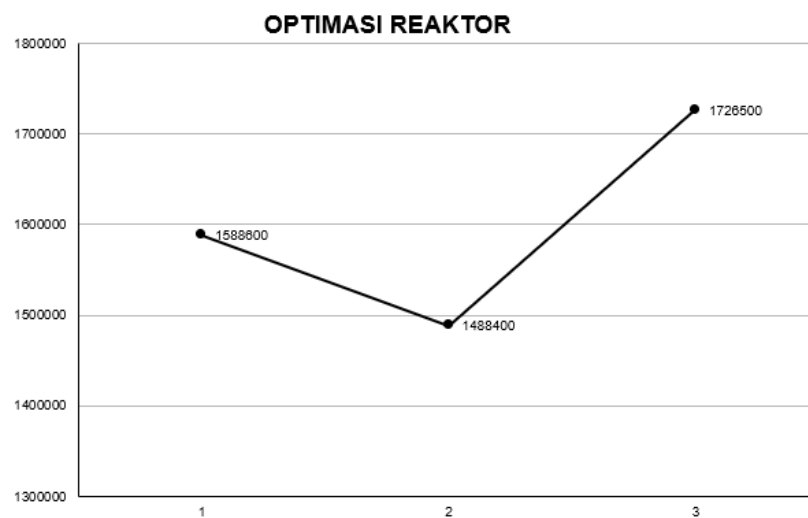
Fv	7,0407 m ³ /jam
k	0,3241 / jam
Konversi (Xa)	93,01%
Volume	42,56 m ³
	11.244,56 gallon

e. Menentukan Harga Reaktor

Bahan konstruksi yang dipilih Stainless Steel SA-240 type 316

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	76.386,95	1588600	1588600
2	18.266,61	744200	1488400
3	11.244,56	575500	1726500

f. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum



Grafik hubungan jumlah reaktor dengan biaya total

Berdasarkan grafik diatas, ditarik kesimpulan yaitu menggunakan dua reaktor untuk mendapat harga perancangan reaktor yang minimum.

g. Dimensi Reaktor

Perbandingan tinggi reaktor yang digunakan adalah $H = D$ (Brownell & Young) dengan menggunakan faktor keamanan atau *over design* sebesar 20%, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume over design (20\%)} &= \text{volume reaktor} \times 1,2 \\
 &= 69,15 \times 1,2 \text{ m}^3 \\
 &= 2,215 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diameter reaktor adalah

$$D^3 = \frac{1,5}{4} \times 3,14 = 1,1775$$

$$D^3 = \frac{82,976}{1,1775} = 70,468 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{70,468 \text{ m}^3}$$

$$D = 23,49 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh nilai H reaktor adalah $H = D$

$$H = 1 \times 23,49 \text{ m}$$

$$H = 23,49 \text{ m}$$

h. Menentukan tebal dinding reaktor

Dalam menghitung ketebalan dinding shell atau reaktor menggunakan persamaan 14.34, buku Brownell & Young, 1959;275:

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0,6P}$$

Keterangan:

ts : Tebal shell (in)

ri : Jari-jari shell = $D/2 = 81,31 \text{ in}$

f : Allowable stress = 18750 psi

C : Corrosion allowance = 0,125 in/tahun

P : Tekanan design

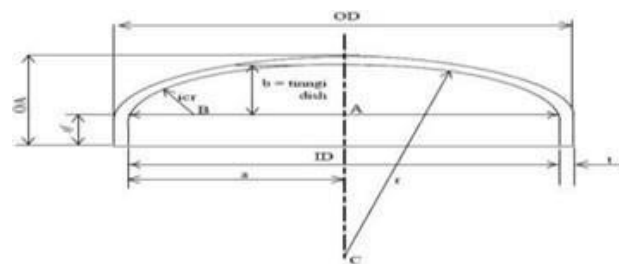
E : Efisiensi sambungan (80%)

Maka nilai tebal shell adalah :

$$ts = \frac{14,83 \times 81,31}{18750 \times 80\% - (0,6 \times 19,5577)} + 0,125 = 0,21 \text{ in}$$

Maka diambil ts standar: $1/4 = 0,25 \text{ in}$ (Brownell & Young)

i. Perancangan head dan bottom tangki



1) Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{P \times r \times c \times w}{(2 \times f \times E - 0,2P)} + C$$

Keterangan:

th = Tebal head (th)

w = Faktor intensifikasi stress

f = Allowable stress (18750 in)

E = Efisiensi sambungan (80%)

C = Corrosion allowance (0,125 in)

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \\
 &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{144}{10,1}} \right) \\
 &= 1,693 \text{ in} \\
 th &= \frac{14,83 \times 144 \times 1,693}{(2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 14,83)} + 0,125 \\
 &= 0,246 \text{ in}
 \end{aligned}$$

2) Menentukan tinggi reaktor :

$$th \text{ standar} = \frac{1}{4} \text{ in} = 0,25 \text{ (tabel 5.6 Brownell \& Young)}$$

$$Tebal \text{ bottom} = \text{tebal head} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$Maka \text{ sf} = 1,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 AB &= \left(\frac{ID}{2} \right) - icr \\
 &= \left(\frac{162,62}{2} \right) - 10,1 \\
 &= 71,18 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= rc - icr \\
 &= 144 - 10,1 \\
 &= 133,88 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{133,88^2 - 71,18^2} \\
 &= 113,38 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= rc - AC \\
 &= 144 \text{ in} - 113,38 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$= 30,62 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi dishead} = sf + b + th$$

$$\text{Head} = 1,5 + 30,62 + 0,25$$

$$= 32,37 \text{ in}$$

$$= 0,82 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor} = (2 \times \text{tinggi head}) + \text{tinggi shell}$$

$$= (2 \times 0,82) + 23,5$$

$$= 25,13 \text{ m}$$

3) Menentukan volume pada sf

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \times sf$$

$$= \frac{\pi}{4} 23,49 \times 1,5$$

$$= 649,68 \text{ in}^3$$

$$= 4493,71 \text{ m}^3$$

$$V_{dish} = 0,000049 \times D^3$$

$$= 0,000049 \times 70,47^3$$

$$= 0,0035 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = V_{dish} + V_{sf}$$

$$= 0,0035 + 4493,71$$

$$= 4493,72 \text{ m}^3$$

j. Desain Sistem Pengaduk

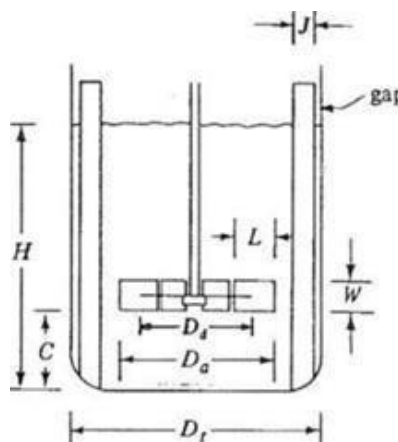
$$V = 82,97 \text{ m}^3$$

$$V = 21919,48 \text{ gallon}$$

$$\mu = 839 \text{ Cp}$$

$$\mu = 0,56 \text{ lb/ft.s}$$

Reaktor menggunakan pengaduk berjenis *marine proppeller 3 blade*, dikarenakan nilai viskositas $< 4000 \text{ cP}$. Dalam merancang pengadukan tersebut digunakan referensi buku yaitu (Brownel, hal.507).



Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki

W = Lebar impeller

J = Lebar baffle

L = Panjang blade

D_d = Diameter batang penyangga

Offset 1 = Jarak baffle dari dasar tangki

Offset 2 = Jarak baffle dari permukaan cairan

k. Menentukan Baffle

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter Pengaduk}(D_i) &= \frac{Dt}{3} \\
 &= \frac{162,62}{3} \text{ in} \\
 &= 54,21 \text{ in} \\
 &= 1,38 \text{ m} \\
 &= 4,52 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Pengaduk dari dasar} &= D_i \times 1 \\
 \text{tangki } (Z_i) &= 54,21 \text{ in} \times 1 \\
 &= 54,21 \text{ in} \\
 &= 1,38 \text{ m} \\
 &= 4,52 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Impeller } (W) &= D_i \times 0,2 \\
 &= 54,21 \text{ in} \times 0,2 \\
 &= 10,84 \text{ in} \\
 &= 0,28 \text{ m} \\
 &= 0,91 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Baffle } (J) &= D_i \times 0,17 \\
 &= 54,21 \text{ in} \times 0,17 \\
 &= 9,21 \text{ in} \\
 &= 0,23 \text{ m} \\
 &= 0,77 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Panjang Blade (L)	$= Di \times 0,25$ $= 54,21 \text{ in} \times 0,25$ $= 13,55 \text{ in}$ $= 0,34 \text{ m}$ $= 1,13 \text{ ft}$
Diameter batang penyangga (Dd)	$= Di \times \frac{2}{3}$ $= 54,21 \times \frac{2}{3}$ $= 36,14 \text{ in}$ $= 0,92 \text{ m}$ $= 3,01 \text{ ft}$
Jarak baffle dari dasar tangki (Offset 1)	$= Di \times \frac{1}{2}$ $= 54,21 \times \frac{1}{2}$ $= 27,11 \text{ in}$ $= 0,69 \text{ m}$ $= 2,26 \text{ ft}$
Jarak baffle dari permukaan cairan (Offset 2)	$= Di \times \frac{1}{6}$ $= 54,21 \times \frac{1}{6}$ $= 9,03 \text{ in}$ $= 0,23 \text{ m}$ $= 0,75 \text{ ft}$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Baffle} &= Hls - (\text{Offset 1} + \text{Offset 2}) \\
 &= 3,94 - (0,69 \text{ m} + 0,23 \text{ m}) \\
 &= 3,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- l. Menentukan tinggi cairan dari buku Brownel:

$$\begin{aligned}
 ZL &= Di \times 2,9 \\
 ZL &= 54,21 \text{ in} \times 2,9 \\
 &= 157,21 \text{ in} \\
 &= 3,9928 \text{ m} \\
 &= 13,0995 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- m. Menentukan Jumlah Pengaduk

- 1) *Spesific Gravity (sg)*

$$\begin{aligned}
 sg &= \frac{\text{Densitas Cairan}}{\text{Densitas Air}} \\
 &= \frac{965,3}{1000} \\
 &= 0,965
 \end{aligned}$$

- 2) *Water Equivalent Liquid High (WELH)*

$$\begin{aligned}
 WELH &= \text{Tinggi Cairan} \times sg \\
 &= 3,99 \text{ m} \times 0,965 \\
 &= 3,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3) Jumlah Pengaduk

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pengaduk} &= \frac{WELH}{D} \\
 &= \frac{3,85}{23,49} \\
 &= 0,16
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, diambil jumlah pengaduk sebanyak 1 buah.

n. Menentukan *Power* dan Putaran Pengaduk

1) Putaran Pengaduk :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{600}{\pi \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D}} \\
 N &= \frac{600}{\pi \times 4,52} \sqrt{\frac{12,65}{2 \times 4,52}} \\
 N &= 50 \text{ rpm} \\
 N &= 0,834 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

Jenis motor yang dipilih adalah tipe fixed speed belt karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan dan perbaikan.

Dipilih standar putaran pengaduk sebesar:

$$\begin{aligned}
 N &= 56 \text{ rpm} \\
 N &= 0,93 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

2) Menentukan Bilangan Reynold

$$Re = \frac{r \times N \times Di^2}{m}$$

$$Re = \frac{97,01 \times 0,83 \times 4,52^2}{0,5641}$$

$$Re = 2927,21$$

Berdasarkan fig 477 G.G Brown page 507, 1978 diperoleh $N_p = 1$

3) Menentukan *Power* Pengaduk

$$Pa = N_p \times r \times N^3 \times Di^5$$

$$Pa = 1 \times 1554,0086 \times 0,83^3 \times 1,38^5$$

$$Pa = 4462,03 \text{ watt}$$

$$Pa = 4,46 \text{ kw}$$

$$Pa = 5,98 \text{ hP}$$

Effisiensi motor = 83% (figur 14.38 peters hal 521)

$$\text{Power motor} = 7,21 \text{ hP}$$

Maka dipilih *power* standar 7,5 hP

4. Jaket Pendingin

Berdasarkan data neraca panas yang diperoleh pada reaktor, disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi Eksotermis, dimana $Q_{in} > Q_{out}$, sehingga diperlukan pendingin pada reaktor yang digunakan.

a. Menghitung Kebutuhan Air pendingin

$$C_p = 14573,9 \text{ kJ/mol}$$

$$Q = 381,94 \text{ kJ/jam}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$= \frac{Q}{Cp}$$

$$= 14573,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} / 381,94 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}}$$

$$= 26,21 \text{ kmol/jam}$$

b. Luas Perpindahan Panas

Fluida Panas (F)	Suhu	Fluida Dingin (F)
194	(T1) Suhu tinggi (t2)	86
194	(T2) Suhu rendah (t1)	77

$$\Delta TLMTD = 112,44^{\circ}\text{F}$$

Berdasarkan referensi Kern, hal 840 tabel 8 untuk UD fluida panas *heavyorganic* dan fluida dingin water adalah 5-75 BTU/hari.ft².F

$$A = \frac{362010,61}{5 \times 106,82} = 678 \text{ ft}^2$$

c. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$\text{Luas Selubung Reaktor} = \pi \cdot D \cdot H + \frac{1}{4} \cdot D^2$$

$$D = 23,5 \text{ m}$$

$$H = 23,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas selubung} = 1,87 \text{ ft}^2$$

d. Menghitung Diameter Jaket

Diambil jarak antara dinding bagian luar tangki dan dinding bagian

dalam jaket (TJ) adalah 2 in.

$$\text{OD shell} = 163,03 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}\text{ID jaket} &= \text{OD shell} + 2 \times \text{TJ} \\ &= 163,03 \text{ in} + 2 \times 2 \\ &= 167,03 \text{ in}\end{aligned}$$

e. Menghitung Tebal Jaket

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan Desain} = 17,64 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0,6P} + C$$

Keterangan:

ts	Tebal shell (in)
ri	jari-jari shell = $D/2 = 83,51 \text{ in}$
f	allowable stress = 18750 psi
C	corrosion allowance = 0,125 in/tahun
P	tekanan design
E	Efisiensi sambungan (80%)

Maka nilai tebal shell adalah :

$$ts = \frac{17,64 \times 83,51}{(18750 \times 80\%) - (0,6 \times 17,64)} = 0,22 \text{ in}$$

Maka ts standar adalah 0,25 in

$$\text{OD jaket} = \text{ID jaket} + 2 \times ts$$

$$= 167,03 + 2 \times 0,25$$

$$= 167,53 \text{ in}$$

Diambil berdasarkan tabel 5.6 Brownel

OD jaket standar = 168 in

ID jaket standar = 168 in

f. Menghitung Tebal Head

$$rc = 167,53 \text{ in}$$

$$icr = 10 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \quad \text{---}$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{167,53}{10}} \right)$$

$$w = 1,77 \text{ in}$$

$$th = \frac{17,64 \times 167,53 \times 1,77}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 17,64} + 0,125$$

$$th = 0,299 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.8 Brownell&Young di gunakan nilai sf 1,1/2 – 3

maka diambil nilai sf yaitu 2. Maka diperoleh tinggi head sebagai berikut:

$$\text{Tinggi head} = th + b + sf$$

$$= 28 + 0,31 + 2$$

$$= 31 \text{ in}$$

$$= 2,56 \text{ ft}$$

$$= 0,78 \text{ m}$$

- g. Menghitung tinggi total jaket

$$\text{Tinggi cairan} = 157 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi total jaket} = 157 \times 0,0833$$

$$= 13 \text{ ft}$$

$$= 188 \text{ in}$$

$$= 4,77 \text{ m}$$

$$A_{\text{total jaket}} = A_{\text{shell}} + A_{\text{head}}$$

$$= 99.109 \text{ in} + 52.406 \text{ in}$$

$$= 151.515 \text{ in}$$

- h. Menghitung koefisien perpindahan panas (h_i)

$$\rho_{\text{campuran}} = 53 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_p \text{ (kapasitas panas)} = 8,95 \text{ BTU/lb.F}$$

$$K \text{ (konduktivitas larutan)} = 391,32 \text{ BTU/jam.ft.F}$$

$$\mu_{\text{larutan}} = 0,00053 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 13,9005 \text{ lb/ft.jam}$$

$$h_i = 3.048,49 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}$$

- i. Menghitung H_{io}

$$ID = D_1 = \text{diameter dalam reaktor}$$

$$OD = D_2 = \text{diameter dalam jaket pendingin}$$

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 3.048,493 \times \frac{162,616}{168}$$

$$h_{io} = 2.950,8 \text{ BTU/Jam.ft}^2.\text{F}$$

- j. Clean overall coefficient (U_c) dan Designed overall coefficient (U_d)

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$U_c = 272 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}} \times \text{ft}^2 \times \text{F}$$

Dari tabel 12 Kern, diambil nilai *Fouling factor* (R_d): 0,002

Maka $h_d = 1/R_d = 500$

$$U_d = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d}$$

$$U_d = 186,738 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}} \times \text{ft}^2 \times \text{F}$$

$$h_c = 0,19 \times Dt^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = 0,313 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2} \times \text{hr} \times \text{f}$$

$$Q_{\text{konveksi}} = h_c \times \pi \times OD \times L \times Dt$$

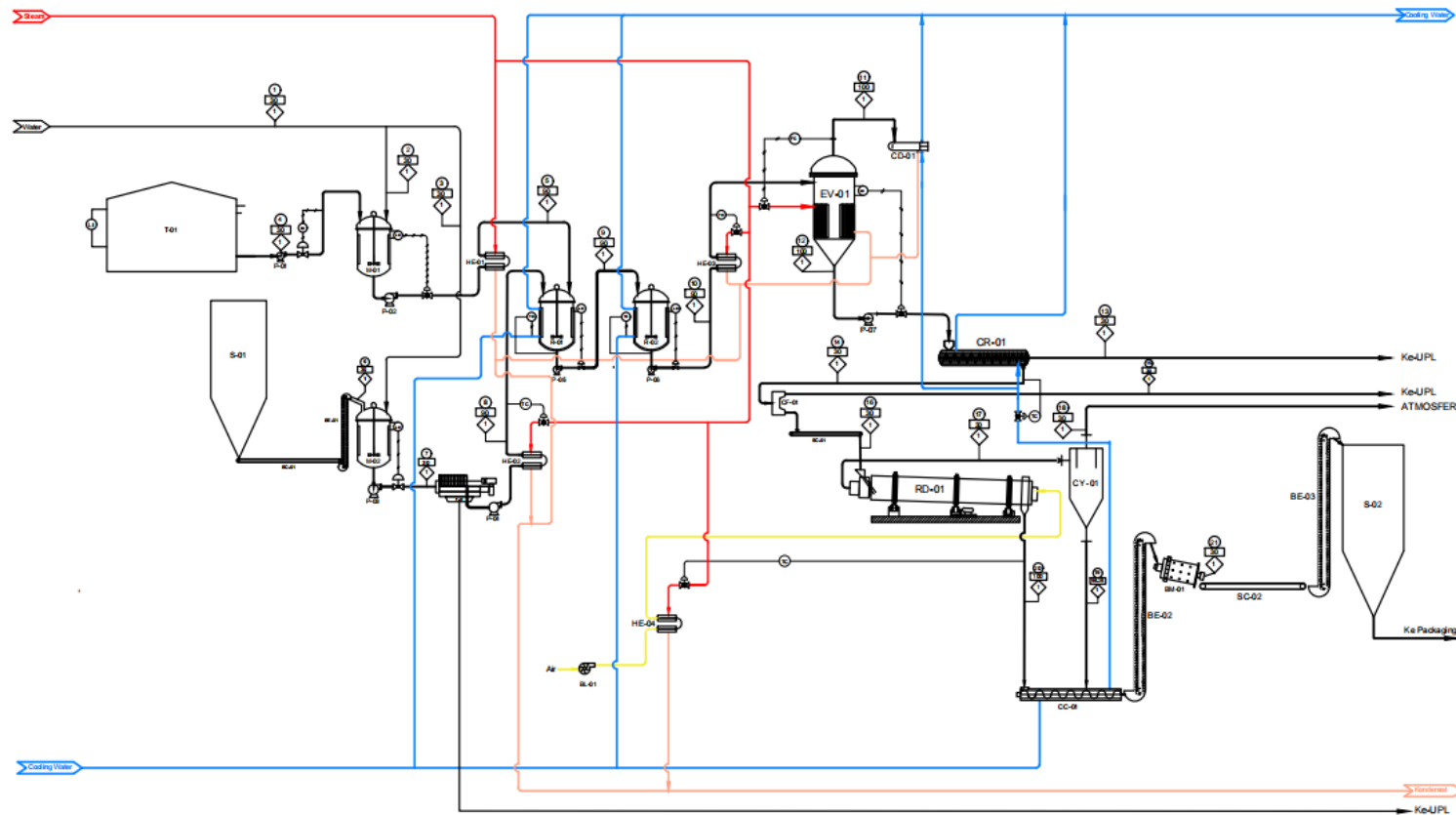
$$Q_{\text{konveksi}} = 1.117,34 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}}$$

Sehingga panas yang hilang sebelum isolasi 1.117,34 BTU/jam

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM SULFAT DARI ABU JANJANG
KELAPA SAWIT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS : 10.000 TON/TAHUN



NERACA MASSA (kg/jam)																					
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
K ₂ O	0	0	0	0	0	707,0707	707,0707	707,0707	206,6768	14,4467	0	14,4467	0	14,4467	14,1578	0,2889	0,0058	0,0001	0,0057	0,2832	0,1041
H ₂ SO ₄	0	0	0	1237,374	1237,374	0	0	0	715,6864	515,2764	0	515,2764	0	515,2764	504,9708	10,3055	0,2061	0,0021	0,204	10,0994	10,8458
H ₂ O	3156,469	1561,124	1595,345	1586,377	1586,377	1911,002	1911,002	37,2142	1719,411	1756,221	1003,853	752,3682	0	752,3682	737,3208	15,0474	8,6165	8,6165	0	6,4309	33,4518
K ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	926,2611	1282,091	0	1282,091	1280,181	1282,091	1,8725	1280,219	25,6044	0,256	25,3483	1254,614	1320,647
MgO	0	0	0	0	0	239,899	239,899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3156,469	1561,124	1595,345	2823,75	2823,75	2857,972	2857,972	744,2849	3568,035	3568,035	1003,853	2564,183	1280,181	2564,183	1259,322	1305,861	34,4328	9,8747	25,558	1271,428	1365,248

Simbol	Keterangan
M	Mixer
F	Fiber
R	Reaktor
KV	Kompresor
CD	Kondensor
CR	Kristalizer
CF	Centrifuge
RD	Rotary Dryer
CY	Cyclone
HM	Hot Mill
T	Tangki
S	Silo
HE	Heater
BE	Blower
BC	Bag Conveyor
BE	Bucket Elevator
SC	Screw Conveyor

Simbol	Keterangan
—	Temperature (°C)
—	No Air
—	Tekanan (atm)
—	Cooling Water
—	Steam
—	Pneumatik
—	Control Valve

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ILAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM SULFAT DARI ABU JANJANG
KELAPA SAWIT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :
1. Annisa Fatmahanik (0801217)
2. Mochamad Rizki Darmawan (0801218)

DOKUMEN PERANCANGAN :
Dr. H. Pujiatno, S.T., M.Eng.

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Amalia Febriyanti
 No. Mahasiswa 1 : 20521217
 Nama Mahasiswa 2 : Maulana Risna Darmawan
 No. Mahasiswa 2 : 20521238
 Judul Pra rancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Kalium Sulfat dari Abu Janjang Kelapa Sawit dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023
 Selesai Masa Bimbingan : 3 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	16-09-2023	Perkenalan dan diskusi terkait prarancangan pabrik	Ifa
2	26-09-2023	Diskusi mengenai kapasitas pabrik	Ifa
3	10-10-2023	Diskusi mengenai spesifikasi bahan	Ifa
4	15-11-2023	Konsultasi diagram alir dan deskripsi proses	Ifa
5	18-12-2023	Konsultasi neraca massa alat	Ifa
6	06-03-2024	Konsultasi reaktor 1 dan reaktor 2	Ifa
7	10-05-2024	Konsultasi alat pemisah dan unit operasi pemisah	Ifa
8	15-05-2024	Konsultasi PEFD	Ifa
9	08-06-2024	Konsultasi alat penyimpanan bahan	Ifa
10	15-07-2024	Konsultasi alat pemukar panas	Ifa
11	23-08-2024	Konsultasi neraca panas	Ifa
12	03-09-2024	Konsultasi tata letak dan lokasi	Ifa
13	03-09-2024	Konsultasi utilitas	Ifa
14	03-09-2024	Konsultasi evaluasi ekonomi	Ifa
15	03-09-2024	Penetapan ekonomi	Ifa

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 3 September 2024
 Pembimbing,



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.T.

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy