

**PRA RANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT DARI
ASAM FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM
HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

**Nama : Nafira Syaninditya Kinanti
No. Mahasiswa : 20521027**

**Nama : Lani Tiara Ardiyanti
No. Mahasiswa: 20521060**

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAAN HASIL PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nafira Syaninditya Kinanti
No. Mahasiswa : 20521027

Nama : Lani Tiara Ardiyanti
No. Mahasiswa: 20521060

Yogyakarta, 2 September 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri.
Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari hasil karya sendiri,
maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana
mestinya.



Nafira Syaninditya Kinanti
NIM. 20521027



Lani Tiara Ardivanti
NIM. 20521060

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Nafira Syaninditya Kinanti
No. Mahasiswa : 20521027

Nama : Lani Tiara Ardiyanti
No. Mahasiswa: 20521060

Yogyakarta, 2 September 2024

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink that reads 'Arif Hidayat'. The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.
NIP. 005220101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Nafira Syaninditya Kinanti
No. Mahasiswa : 20521027

Nama : Lani Tiara Ardiyanti
No. Mahasiswa : 20521060

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

Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 30 September 2024

Tim Penguji,

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T

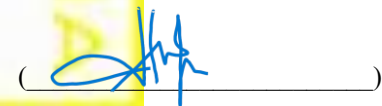
Ketua

Dr. Diana, S.T., M.Sc.

Penguji I

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

Penguji II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Tekonologi Industri

Universitas Islam Indonesia

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

NIK. 995200445



PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan anugerah-Nya sehingga Tugas Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA TRISODIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**” ini dapat diselesaikan.

Tugas prarancangan ini merupakan salah satu tugas akhir yang dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan program Strata 1 Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini bertujuan untuk melatih penulis menerapkan ilmu yang telah diperoleh dalam sebuah laporan tugas prarancangan pabrik kimia. Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini, yaitu:

1. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
3. Dr. Arif Hidayat S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan maupun arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Keluarga penyusun yang sudah memberikan dukungan serta doa selama proses pengerjaan tugas ini berlangsung.
5. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari pengerjaan tugas prarancangan pabrik kimia ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik serta saran yang bersifat membangun diharapkan oleh penyusun. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca.

Yogyakarta, 2 September 2024

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan maksimal.

Tiada lembar yang paling indah dalam laporan tugas akhir ini kecuali lembar persembahan. Sebagai ucapan rasa terima kasih tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Untuk kedua orang saya, Ayahanda Syahdian Noor S.T, dan Ibunda Indah Setyorini S.T.,M.Kes yang telah mendidik serta menjadi panutan hidup untuk saya. Terimakasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan. Terimakasih atas segala doa tulus dan dukungannya hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga ayah dan bunda sehat, dan panjang umur hingga kelak melihat kedua anaknya mencapai proses kesuksesan.

2. Untuk Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terimakasih atas bimbingan, kritik dan saran, dan selalu meluangkan waktunya disela kesibukan. Terimakasih banyak bapak, semoga selalu dilimpahkan kesehatan.
3. Untuk kakak saya, Ahmad Rizky Noor Adhidha, S.Ak, terimakasih telah memberikan semangat dan nasehat-nasehatnya walaupun melalui celotehnya, namun penulis yakin dan percaya itu adalah sebuah bentuk dukungan dan motivasi. Terimakasih sudah menguatkan dan menjadi panutan.
4. Untuk partner seperjuangan tugas akhir, Lani Tiara Ardiyanti, terimakasih telah berkontribusi dan berjuang bersama hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu. Terimakasih atas dukungan dan semangatnya yang tak pernah luntur. Terimakasih banyak atas kerja kerasnya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sukses selalu kawan.
5. Untuk teman-teman seperjuangan, (Arum, Iin, dan Neva), terimakasih telah menjadi bagian indah dari perjalanan dibangku perkuliahan. Terimakasih atas semua kenangan baik yang telah dilalui bersama. Terimakasih membuat masa perkuliahan menjadi lebih bermakna dan berwarna. Semoga kedepannya kalian bisa menggapai harapan serta cita-cita yang selama ini diimpikan. Sukses dan berbahagia selalu buat kalian. Semoga Allah SWT selalu melindungi dimanapun kalian berada.

6. Untuk teman saya, Chinta Belafatika Suryanto dan Shilfa Nadira Nur Mulyo, terimakasih telah menjadi tempat berkeluh kesah.
Terimakasih telah menjadi pendengar baik, dan penasehat yang hangat. Sukses dan sehat selalu kedepannya. Semoga Allah SWT mempermudah segala harapan baik kalian.
7. Untuk teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2020, terimakasih banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran selama di bangku kuliah.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan tugas akhir ini.
9. Terakhir, teruntuk diri saya sendiri. Terimakasih sudah berjuang sejauh ini. Terimakasih tetap memilih bertahan dan pantang menyerah hingga titik ini. Terimakasih sudah menjadi hebat dan kuat secara bersamaan. Berbahagialah, karena ini adalah bentuk pencapaian yang perlu dirayakan. Semoga Allah SWT menggabungkan doa baik yang diharapkan.

Nafira Syaninditya Kinanti

Teknik Kimia UII 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, tauhid dan inayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyusun serta menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. serta Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda besar umat Islam Nabi Muhammad SAW hingga akhir hayat kita.

Keberhasilan dalam penulisan laporan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari berbagai bantuan pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Teristimewa kedua orang tua saya, Papa Aan Juansah dan Mama Ernawati Ningsih dan gelar sarjana ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, yang selalu saya cintai, yang selalu memberikan penulis dukungan baik secara moral maupun material yang tak terhingga serta doa yang tidak ada putusnya diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan studi sarjana hingga selesai.
2. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terimakasih atas bimbingan, motivasi dan arahnya selama ini sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Semoga Bapak senantiasa diberikan kesehatan dan kebahagiaan selalu.

3. Kepada kakak, adik dan ponakanku, sebagai ungkapan terima kasih, penulis persembahkan laporan tugas akhir ini untuk Anna Wuryani, S. Pd., Elsa Dwi Agustine S. Kom., Nada Fajria Salsabila dan Muhammad Fahreza Zhafran Arzan. Terima kasih atas semangat dukungan moral, ekonomi dan inspirasi yang telah kalian berikan dalam menyelesaikan laporan ini. Semoga segala kebaikan yang kalian berikan menjadikan penulis pribadi yang lebih baik. Terima kasih.
4. Kepada Nafira Syaninditya Kinanti, mitra dalam tugas akhir dan sekaligus teman yang selalu ada dalam suka dan duka, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Terima kasih atas kesabaran dan kebaikan yang telah engkau berikan. Penulis sangat menghargai kolaborasi, dukungan, dan semangatmu yang tak pernah pudar. Bersama kita telah mengatasi berbagai tantangan dan menciptakan karya yang membanggakan. Semoga perjalanan kita tidak berhenti di sini, melainkan menjadi awal dari kesuksesan yang lebih besar di masa depan. Terima kasih atas dedikasi dan kerja sama yang luar biasa.
5. Kepada Fiqran Mau Ratu Wara, Terimakasih telah mendukung dan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran disaat membutuhkan bantuan apapun itu. Terimakasih atas segala kebaikannya. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan dalam segala hal baik yang dilalui.
6. Teman-teman seperjuangan saya (Kharis, Arum, Iin dan Neva) yang selalu kebersamai serta membantu dalam kerumitan sepanjang masa

perkuliahan. Terimakasih sudah menjadi teman baik yang selalu memberikan motivasi dan semangat. Terimakasih kalian senantiasa kebersamai dikala senang dan sedih. Terimakasih atas semua kebaikannya.

7. Teman-teman KKN unit 76 (Indah, Reva, Arief, Yanu dan Zam), perjalanan kita di Desa Pandean adalah salah satu pengalam paling berharga dalam hidupku. Kebersamaan, tawa dan perjuangan kita untuk memberikan yang terbaik bagi masyarakat setempat telah membentuk kenangan yang takkan terlupakan. Terima kasih atas dukungan, dan semangat yang kalian berikan. Bersama kalian, saya belajar lebih banyak tentang arti kebersamaan. Teruslah berusaha dan semoga sukses selalu menyertai kita semua.
8. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2020, yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu, saya ucapkan terima kasih atas semua kenangan dan dukungan yang telah kalian berikan. Semoga kita semua dapat mencapai kesuksesan dan meraih impian kita masing-masing. Amin.
9. Diri saya sendiri, Lani Tiara Ardiyanti (Rara). Terima kasih telah bertahan hingga sejauh ini. Terima kasih telah terus berusaha dan merayakan pencapaian hingga titik ini, meskipun sering merasa putus asa dan menghadapi kegagalan. Saya menghargai keteguhan untuk tidak

menyerah tahun ini. Terima kasih telah memilih untuk merayakan diri sendiri, baik dalam kelebihan maupun kekuranganmu, Rara.

10. Dan terakhir, kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih semuanya.

Lani Tiara Ardiyanti

Teknik Kimia UII 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
PRAKATA	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
DAFTAR LAMBANG	xxiii
ABSTRAK	xxvi
ABSTRACT	xxvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	2
1.2.1 Kebutuhan Trisodium Fosfat	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku.....	7
1.3 Tinjauan Pustaka.....	8
1.4.1 Dasar Reaksi.....	8
1.4.2 Mekanisme Pembentukan Reaksi.....	9
1.4.3 Pemilihan Proses	9
1.4.4 Perbandingan Macam-Macam Proses	11
1.4.5 Manfaat Produk	12
1.4 Tinjauan Kinetika	12
1.5 Tinjauan Termodinamika	14

BAB II	18
PERANCANGAN PRODUK	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	18
1. Asam Fosfat.....	18
2. Sodium Karbonat.....	19
3. Sodium Hidroksida.....	20
2.2 Spesifikasi Produk	21
1. Trisodium Fosfat	21
2.2 Pengendalian Kualitas	22
2.3.1 Pengendalian Kualitas	22
2.3.2 Pengendalian Kuantitas	22
2.3.3 Pengendalian Waktu	23
2.3.4 Identifikasi Hazard	24
BAB III.....	26
PERANCANGAN PROSES	26
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	26
3.2 Uraian Proses.....	28
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	29
3.2.2 Tahap Pembentukan Disodium Fosfat	30
3.2.3 Tahap Pembentukan Trisodium Fosfat	30
3.2.4 Tahap Pengkristalan Trisodium Fosfat	30
3.2.5 Tahap Pengeringan Produk	31
3.3 Spesifikasi Alat.....	32
3.4 Neraca Massa Alat.....	60
3.5. Neraca Panas Alat.....	69
BAB IV.....	74
PERANCANGAN PABRIK.....	74
4.1 Lokasi Pabrik.....	74
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	75
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	76
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	77

4.3 Tata Letak Unit Proses (<i>Process Layout</i>)	79
4.3.1 Perincian Luas Tanah.....	83
4.4 Organisasi Perusahaan.....	85
4.5 Struktur Organisasi	86
4.5.1 Tugas dan Wewenang	89
BAB V	108
UTILITAS	108
5.1 Unit Penyediaan Air	108
5.2 Unit Pengolahan Air	115
5.3 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	120
5.4 Unit Pembangkit Listrik	120
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan	124
5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	124
5.7 Unit Pengolahan Limbah	125
5.9 Spesifikasi Alat Utilitas	126
BAB VI.....	139
EVALUASI EKONOMI.....	139
6.2 Penafsiran Harga Alat.....	140
6.2 Dasar Perhitungan	149
6.3 Perhitungan Biaya	149
6.4 Analisa Keuntungan.....	154
6.5 Analisa Kelayakan	154
6.6 Analisis Resiko Pabrik.....	161
6.6 Hasil Analisis Ekonomi	164
BAB VII	165
KESIMPULAN DAN SARAN	165
4.1 Kesimpulan	165
4.2 Saran	167
DAFTAR PUSTAKA	168
LAMPIRAN A.....	173
PERANCANGAN REAKTOR	173

LAMPIRAN A.....	174
LAMPIRAN DESAIN REAKTOR (R-01 A)	192
LAMPIRAN	193
PERANCANGAN REAKTOR-II B	193
LAMPIRAN DESAIN REAKTOR (R-02 B)	209
LAMPIRAN B.....	210
<i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i>	210
(PEFD).....	210
LAMPIRAN C.....	212
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN	212
PRARANCANGAN PABRIK.....	212

DAFTAR TABEL

Table 1.1 Data Ekspor Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2023.....	2
Tabel 1.2 Data Impor Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2023	3
Tabel 1.3 Data Ekspor Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2023.....	4
Tabel 1.4 Data Kapasitas Trisodium Fosfat.....	6
Tabel 1.5 Perbandingan Proses Trisodium Fosfat	11
Tabel 1.6 Pertimbangan Aspek <i>Safety</i> Pabrik.....	24
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Mixer	38
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Blower	46
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Silo.....	46
Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Screw Conveyor	49
Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Screw Conveyor	49
Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Pompa.....	51
Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Pompa.....	52
Tabel 3.8 Spesifikasi Alat Pompa.....	53
Tabel 3.9 Neraca Massa Total	59
Tabel 3.10 Neraca Alat Mixer (M-01).....	60
Tabel 3.11 Neraca Alat Mixer (M-02).....	60
Tabel 3.12 Neraca Alat Mixer (M-03).....	61
Tabel 3.13 Neraca Alat Reaktor I (A).....	61
Tabel 3.14 Neraca Alat Reaktor I (B).....	62
Tabel 3.15 Neraca Alat Reaktor II (A).....	62
Tabel 3.16 Neraca Alat Reaktor II (B).....	63
Tabel 3.17 Neraca Alat Evaporator (EV-01).....	63
Tabel 3.18 Neraca Alat Rotary Dryer (RD-01).....	64
Tabel 3.19 Neraca Alat Rotary Dryer (RD-02).....	64
Tabel 3.20 Neraca Alat Centrifuge (CF-01).....	65
Tabel 3.21 Neraca Alat Centrifuge (CF-02).....	65
Tabel 3.22 Neraca Alat Crystallizer (CR-01).....	66
Tabel 3.23 Neraca Alat Crystallizer (CR-02).....	66
Tabel 3.24 Neraca Alat Tangki Penyimpanan (T-01).....	67
Tabel 3.25 Neraca Alat Silo (S-01).....	67
Tabel 3.26 Neraca Alat Silo (S-02).....	67
Tabel 3.27 Neraca Alat Silo (S-03).....	68
Tabel 3.28 Neraca Panas Reaktor I (A).....	69
Tabel 3.29 Neraca Panas Reaktor I (B).....	69

Tabel 3.30 Neraca Panas Reaktor II (A).....	69
Tabel 3.31 Neraca Panas Reaktor II (B).....	70
Tabel 3.32 Neraca Panas Mixer (M-01)	70
Tabel 3.33 Neraca Panas Mixer (M-02)	70
Tabel 3.34 Neraca Panas Mixer (M-03)	71
Tabel 3.35 Neraca Panas Evaporator (EV-01).....	71
Tabel 3.36 Neraca Panas Crystallizer (CR-01).....	71
Tabel 3.37 Neraca Panas Crystallizer (CR-02).....	72
Tabel 3.38 Neraca Panas Centrifuge (CF-01).....	72
Tabel 3.39 Neraca Panas Centrifuge (CF-02).....	73
Tabel 3.40 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01).....	73
Tabel 3.41 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-02).....	73
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah	83
Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	95
Table 4.3 Daftar Pembagian <i>Shift Security</i>	96
Tabel 4.4 Daftar Penggolongan Gaji Karyawan	99
Tabel 4.5 Jumlah Operator Proses	102
Tabel 4.6 Daftar Penggolongan Jabatan	107
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses	110
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler (<i>Steam</i>)	111
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Pendingin	112
Tabel 5.4 Kebutuhan Sanitasi (<i>Domestik</i>)	113
Tabel 5.5 Kebutuhan Air <i>Service Water</i>	114
Tabel 5.6 Total Keseluruhan Kebutuhan Air Pabrik	114
Tabel 5.7 Listrik Unit Proses	120
Tabel 5.8 Listrik Unit Utilitas.....	122
Tabel 5.9 Total Kebutuhan Listrik	123
Tabel 5.10 Total Kebutuhan Bahan Bakar	124
Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Pengendap Awal.....	126
Tabel 5.12 Spesifikasi Tangki Aluminium Sulfat	126
Tabel 5.13 Spesifikasi Tangki CaOH.....	127
Tabel 5.14 Spesifikasi Tangki <i>Flokulator</i>	127
Tabel 5.15 Spesifikasi Tangki Clarifier	128
Tabel 5.16 Spesifikasi Tangki <i>Sand Filter</i>	128
Tabel 5.17 Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih	129
Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki <i>Deklorinasi</i>	129
Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Air Rumah Tangga	130
Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan	130
Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i>	131
Tabel 5.22 Spesifikasi Blower <i>Cooling Tower</i>	131
Tabel 5.23 Spesifikasi Tangki Penukar Kation.....	132

Tabel 5.24 Spesifikasi Tangki Penukar Anion	132
Tabel 5.25 Spesifikasi Tangki NaOH	133
Tabel 5.26 Spesifikasi Tangki NaCl	133
Tabel 5.27 Spesifikasi Tangki Daerator	134
Tabel 5.28 Spesifikasi Tangki Kondensat.....	134
Tabel 5.29 Spesifikasi <i>Boiler</i>	135
Tabel 5.30 Spesifikasi <i>Compressor</i>	135
Tabel 5.31 Spesifikasi Tangki Silika	136
Tabel 5.32 Tangki Udara Tekan	136
Tabel 5.33 Pompa Utilitas (P-01/06)	137
Tabel 5.34 Pompa Utilitas (P-07/08)	138
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat Tahun 1995-2020	141
Tabel 6.2 Estimasi Nilai Indeks Harga Alat Tahun 2021-2030	143
Tabel 6.3 Harga Alat Proses.....	144
Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas	147
Tabel 6.5 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	150
Tabel 6.6 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	150
Tabel 6.7 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	151
Tabel 6.8 <i>Working Capital Investment</i> (WCI)	151
Tabel 6.9 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	152
Tabel 6.10 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	152
Tabel 6.11 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	153
Tabel 6.12 <i>Manufacturing Cost</i> (MC)	153
Tabel 6.13 <i>General Expenses</i> (GE)	153
Tabel 6.14 <i>Total Production Cost</i> (TPC)	154
Tabel 6.15 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	157
Tabel 6.16 Annual Regulated Expenses (Ra)	157
Tabel 6.17 Sales Values	158
Tabel 6.18 Variable Value	158
Tabel 6.19 <i>Shut Down Pont</i> (SDP)	159
Tabel 6.20 Analisis Kelayakan Pabrik	160
Tabel 6.21 Analisis Resiko Pabrik.....	163
Tabel 6.22 Hasil Analisis Ekonomi	164

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Impor Trisodium Fosfat.....	3
Gambar 1.2 Data Ekspor Trisodium Fosfat.....	4
Gambar 1.3 Data Konsumsi Trisodium Fosfat.....	5
Gambar 1.4 Reaksi Na_2HPO_4	9
Gambar 1.5 Reaksi Na_3PO_4	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif.....	27
Gambar 4.1 Titik Lokasi Pendirian Pabrik Trisodium Fosfat.....	74
Gambar 4.2 <i>Layout</i> Keseluruhan Pabrik.....	79
Gambar 4.3 Tata Letak Unit Proses dan Area Penyimpanan.....	82
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Trisodium Fosfat.....	88
Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Utilitas.....	119
Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear Indeks Harga Alat.....	142
Gambar 6.2 Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	161

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perancangan Reaktor I-II (R-01 B /R-02 B).....	174
Lampiran B <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD).....	211
Lampiran C Kartu Konsultasi Bimbingan	213

DAFTAR LAMBANG

T : *Temperature*, °C

P : Tekanan, atm

ρ : Densitas, kg/m³

μ : Viskositas cP

F_v : Laju alir volumetrik, m³/jam

X : Konversi, %

τ : Waktu tinggal, jam

V : Volume, m³

k : Konstanta Kinetika reaksi

D : Diameter, m

H : Ketinggian, m

V_{shell} : Volume shell, m³

V_{head} : Volume head, m³

V_{reaktor} : Volume reaktor, m³

r : Jari-jari, in

t_s : tebal shell, in

- f : *Allowable stress*, psi
- E : *Effisiensi sambungan*, %
- OD : Outside diameter, in
- ID : Inside diameter, in
- Sf : Straight flang, in
- N : kecepatan putar pengaduk, rpm
- ZL : tinggi cairan dalam tangki, m
- Sg : *specific gravity*
- E : Jarak pengaduk dengan dasar tangki, m
- WELH : *Water Equivalent Liquid Height*, ft
- Np : Number power
- HP : Power motor, Hp
- t : tebal, in
- LMTD : *Long Mean Temperature Different*, °F
- Ud : Koefisien perpindahan panas *overall* HE, Btu/jam.ft² °F
- Uc : Koefisien perpindahan panas *menyeluruh* pada awal HE digunakan,
Btu/jam.ft² °F

- A : Luas penampang, ft^2
- Q : Kebutuhan kalor, Kj/jam
- TJ : Tebal jacket
- icr : Jari-jari sudut dalam, in
- K : Konduktivitas thermal, $\text{Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
- L : Lebar pengaduk, m
- Re : bilangan Reynold

ABSTRAK

Trisodium fosfat dengan rumus kimia Na_3PO_4 , banyak digunakan sebagai bahan baku detergen, pupuk fosfat, pembersih cat. Kebutuhan trisodium selama ini masih harus mengimpor dari negara lain. Pendirian pabrik trisodium fosfat ini diharapkan dapat menghemat devisa negara. Pabrik direncanakan didirikan pada tahun 2030 di Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas 12.000 ton/tahun dengan area seluas 13.921 m². Pabrik ini beroperasi secara kontinyu 24 jam/hari selama 330 hari/tahun. Pabrik trisodium fosfat diproduksi dengan proses netralisasi asam fosfat, sodium karbonat dan sodium oksida. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp203.778.954.565 dan *Working Capital Investment* (WCI) Rp70.264.314.247. Berdasarkan analisis keuntungan, diperoleh keuntungan sebelum pajak Rp59.613.652.121,65 dan keuntungan setelah pajak Rp47.690.921.697,32. Berdasarkan hasil analisis kelayakan diperoleh ROI_(b) sebelum pajak 29 %, dan ROI_(a) setelah pajak 23 %, POT_(b) sebelum pajak 2,68 tahun, POT_(a) setelah pajak 3,18 tahun. *Break Event Point* (BEP) 41,23%, *Shut Down Point* (SDP) 21,14% dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 25,07%. Dari tinjauan ekonomi kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik Trisodium fosfat memiliki keuntungan dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Trisodium Fosfat, Asam Fosfat, Sodium Karbonat, Sodium Oksida, Netralisasi*

ABSTRACT

Trisodium phosphate with the chemical formula Na_3PO_4 , is widely used as a raw material for detergents, phosphate fertilizers, paint cleaners. The need for trisodium has so far had to be imported from other countries. The establishment of this trisodium phosphate factory is expected to save the country's foreign exchange. The establishment of this trisodium phosphate factory is expected to save the country's foreign exchange. The factory is planned to be established in 2030 in Gresik, East Java with a capacity of 12,000 tons/year with an area of 13.921 m². The results of the economic evaluation show *Fixed Capital Investment* (FCI) is Rp203.778.954.565 and *Working Capital Investment* (WCI) is Rp70.264.314.247. Based on the profit analysis, the profit before tax is Rp59.613.652.121,65 and the profit after tax is Rp47.690.921.697,32. Based on the results of the feasibility analysis, the ROI (b) before tax is 29 %, and the ROI (a) after tax is 23%, POT (b) before tax is 2,68 years, POT (a) after tax is 3,18 years. *Break Event Point* (BEP) 41,23%, *Shut Down Point* (SDP) 21,14% dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 25,07%. From the economic feasibility review above, it can be concluded that an Trisodium phosphate plant has advantages and is worthy to be established.

Keyword: *Trisodium Phosphate, Phosphoric Acid, Sodium Carbonate, Sodium Oxide, Neutralization*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, perkembangan industri kimia di Indonesia semakin pesat. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan pabrik kimia di beberapa wilayah di Indonesia. Di Indonesia untuk pemenuhan kebutuhan bahan kimia dalam negeri. Sebagian besar masih harus mengimpor dari negara lain. Namun sangat disayangkan, ketergantungan akan impor menyebabkan devisa negara berkurang.

Untuk mengurangi ketergantungan bahan industri kepada negara lain salah satu upaya yang dilakukan yaitu pendirian pabrik. Pendirian pabrik trisodium fosfat di Indonesia diharapkan mampu menyelesaikan masalah-masalah seperti meningkatkan taraf hidup masyarakat, memberantas angka kemiskinan dan pengangguran yang melanda sebagian rakyat Indonesia, menghemat devisa negara, mengurangi impor, penyediaan suplai bahan baku kimia skala besar, Oleh sebab itu, pendirian pabrik memiliki potensial untuk memecahkan masalah-masalah tersebut.

Trisodium fosfat (TSP) dengan rumus kimia Na_3PO_4 adalah senyawa anorganik mudah terlarut dalam air yang berbentuk padatan kristal putih dan biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi industri.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas produksi dari suatu pabrik diperlukan beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1.2.1 Kebutuhan Trisodium Fosfat

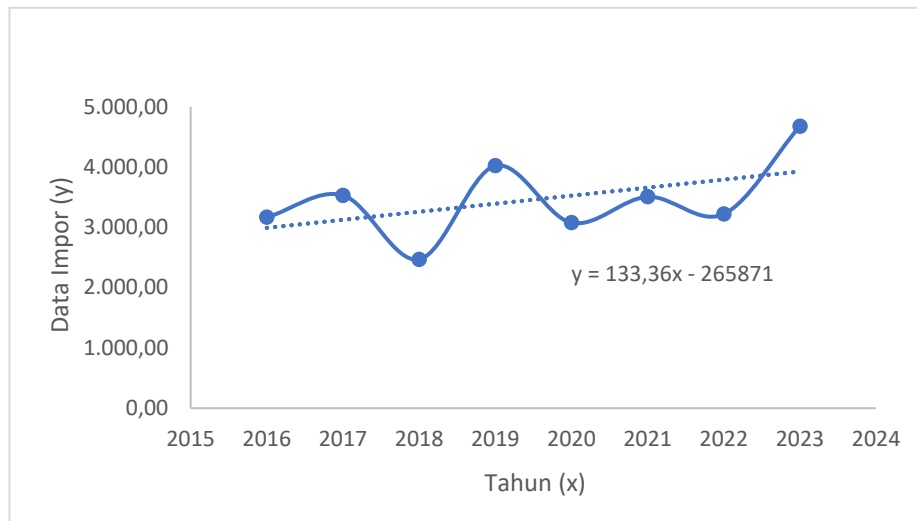
Kebutuhan trisodium fosfat masih didapatkan melalui impor. Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2030. Perkembangan impor trisodium fosfat di Indonesia selama periode 2016-2023 dapat dilihat pada tabel 1.1 berikut :

Tabel 1.1 Data Impor Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2023

No.	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1.	2016	3.165,299
2.	2017	3.530,519
3.	2018	2.468,43
4.	2019	4.020,354
5.	2020	3.076,778
6.	2021	3.505,665
7.	2022	3.219,829
8.	2023	4.677,857

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023)

Proses produksi trisodium fosfat direncanakan akan mulai berproduksi pada tahun 2030. Untuk mengetahui perkiraan kebutuhan trisodium fosfat pada tahun 2030 dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Grafik hasil regresi data ekspor di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Impor Trisodium Fosfat

Persamaan hasil regresi linearnya adalah $Y = Ax + B$

$$Y = 133,36 X + (-265871)$$

Dari data Tabel 1.1 diatas pada tahun 2030 diperkirakan kebutuhan trisodium fosfat :

$$Y = (133,36 \times 2030) + (-265871)$$

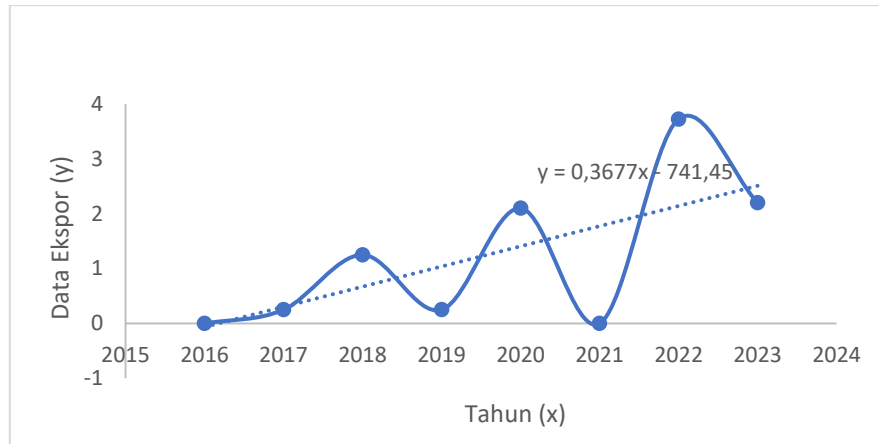
Tabel 1.2 Data Ekspor Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2023

No.	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1.	2016	-
2.	2017	0,25
3.	2018	1,25
4.	2019	0,25
5.	2020	2,10
6.	2021	-
7.	2022	3,72
8.	2023	2,20

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023)

Menurut data dari Badan Pusat Statistika untuk ekspor setiap tahun cenderung mengalami ketidakstabilan. Untuk mengetahui terkait kebutuhan ekspor trisodium

fosfat di Indonesia pada tahun produksi 2030 maka didapatkan regresi linear dan hasil pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Data Ekspor Trisodium Fosfat

Kemudian didapatkan hasil regresi data ekspor persamaan:

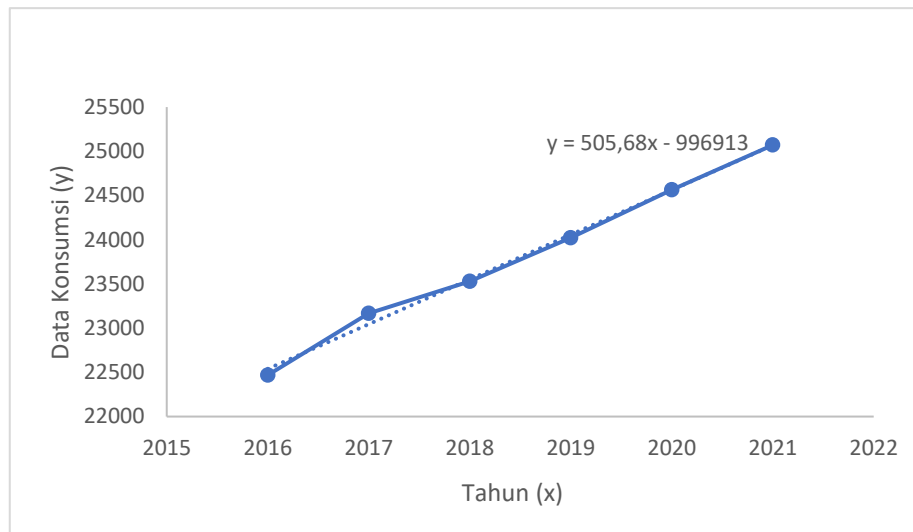
$$y = 0,3677x + (-741,45)$$

Dengan menggunakan persamaan sesuai trend grafik linier diperkirakan nilai ekspor dari trisodium fosfat di Indonesia sebesar 4,981 ton.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Trisodium Fosfat Periode Tahun 2016-2021

No.	Tahun	Jumlah (ton/tahun)
1.	2016	22468,4
2.	2017	23165,2
3.	2018	23530,5
4.	2019	24020,3
5.	2020	24565,5
6.	2021	25070,1

(Sumber : Badan Pusat Statistik,2021)



Gambar 1.3 Data Konsumsi Trisodium Fosfat

Kemudian didapatkan hasil regresi data ekspor persamaan:

$$y = 505,68x + (-996913)$$

Dengan menggunakan persamaan sesuai trend grafik linier diperkirakan nilai konsumsi dari trisodium fosfat di Indonesia sebesar 26.617,64 ton.

Untuk saat ini belum didirikan pabrik trisodium fosfat di Indonesia sehingga dapat diasumsikan bahwa untuk memproduksi trisodium fosfat harus melakukan perbandingan terhadap kapasitas produksi dari berbagai pabrik yang telah ada sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1.4 Data Kapasitas Trisodium Fosfat

No.	Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1.	China	Sinchuan Bangyuan Chemical Co, Ltd.	10.000
2.	India	Indian Rare Earth Limited	13.500
3.	China	Ningbo Bayee Chemical Co, Ltd.	35.000
4.	Carterert, New Jersey	ICL Performance Product	85.000

(Sumber:Alibaba.com; icis.com, adityabirlachemicals.com)

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Berdasarkan data diatas, maka kapasitas produksi pabrik trisodium fosfat dapat ditentukan dengan data pemakaian bahan baku pada tahun 2016-2023 adalah 26.617,64 ton/tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (4,981 + 29.617,4) \text{ ton/tahun} \\ &= 29.622,331 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= 4.849,8 + 0 \\ &= 4.849,8 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= 29.622,331 - 4.849,8 \\ &= 24.772,531 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas pabrik = 12.000 ton/tahun

Terdapat beberapa faktor utama yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik Trisodium Fosfat yaitu:

- a. Didapatkan dari perhitungan diatas, peluang pabrik berproduksi pada tahun 2030 sebesar 24.772,531 ton/tahun.
- b. Pabrik di luar negeri yang beroperasi memiliki kapasitas paling rendah yaitu 15.000 ton/tahun dan kapasitas paling tinggi adalah 85.000 ton/tahun.
- c. Ketersediaan bahan baku mudah didapatkan diantaranya: asam fosfat dan sodium dari PT Petrokimia Gresik dan sodium hidroksida dari PT Asahimas.

Berdasarkan faktor prediksi kebutuhan pasar pada tahun 2030 serta kapasitas pabrik trisodium fosfat yang telah beroperasi maka untuk perancangan tahap pertama, kapasitas produksi direncanakan sebesar 12.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang diperlukan dalam pembuatan produk trisodium fosfat ini adalah asam fosfat dapat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi 400.000 ton/tahun. Sodium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas produksi 350.000 ton/tahun. Sodium karbonat dapat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik PT Garam (Persero) x Unilever Asia Pte. Ltd dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun.

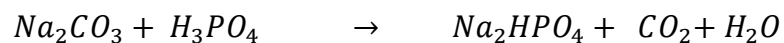
1.3 Tinjauan Pustaka

Trisodium fosfat (TSP) dengan rumus kimia Na_3PO_4 adalah senyawa anorganik mudah terlarut dalam air yang berbentuk padatan kristal putih dan biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti industri pertanian, farmasi, rumah tangga, makanan dan pengolahan air. Dalam industri makanan sebagai bahan tambahan dalam makanan serta pengatur pH. Dalam industri rumah tangga sebagai pencegah anti kerak pada alat industri dan bahan baku deterjen. Dalam industri pertanian sebagai pupuk fosfat.

Trisodium fosfat (TSP) adalah garam sodium dari asam fosfat. Trisodium fosfat juga dikenal sebagai *trisodium phosphate*, *trinatriumphosphat*, *trisodium salt*, *tribasic sodium phosphate*, dan *tertiary sodium phosphate*. Trisodium fosfat banyak dijumpai dalam bentuk hidrat yaitu trisodium fosfat anhydrous (Na_3PO_4) dan trisodium fosfat dodecahydrate ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

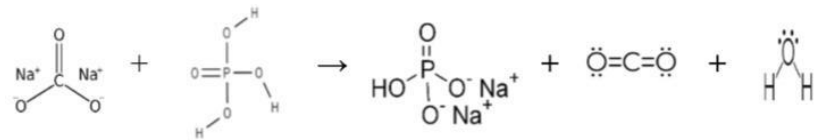
1.4.1 Dasar Reaksi

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



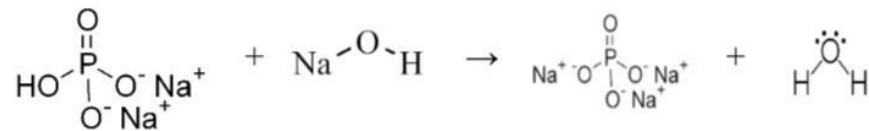
1.4.2 Mekanisme Pembentukan Reaksi

Pembentukan Disodium Fosfat



Gambar 1.4 Reaksi Na_2HPO_4

Pembentukan Trisodium Fosfat



Gambar 1.5 Reaksi Na_3PO_4

1.4.3 Pemilihan Proses

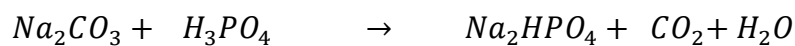
Pembuatan produk trisodium fosfat dapat dilakukan dengan dua macam proses berikut:

1. Netralisasi Asam Fosfat

Pembuatan trisodium fosfat dengan bahan baku utama asam fosfat, sodium karbonat dan sodium hidroksida (Faith and Keyes, 1975). Proses ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: tahap pertama, dengan cara mereaksikan asam fosfat dan sodium karbonat pada suhu 85°C – 100°C yang akan menghasilkan disodium fosfat. Tahap kedua, disodium fosfat panas direaksikan dengan sodium hidroksida sehingga menghasilkan trisodium fosfat. Larutan tersebut dipertahankan pada kondisi 90°C . Tahap ketiga, larutan disaring untuk menghilangkan *white mud* dan

dilanjutkan menuju *crystallizer*. Tahap keempat, memisahkan antara larutan trisodium fosfat dengan *mother liquor* dilewatkan ke dalam pemisah. Tahap terakhir, padatan dilewatkan ke dalam *rotary dryer*.

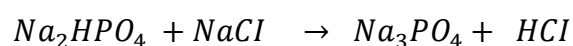
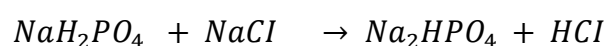
Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



2. Penambahan Katalis Sodium Silica

Pembuatan trisodium fosfat dengan bahan baku utama asam fosfat, sodium klorida dan sodium hipoklorit (Kirk and Othmer, 1982). Proses ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: tahap pertama, mereaksikan asam fosfat dan sodium klorida pada suhu 40°C yang akan menghasilkan larutan sodium fosfat. Tahap kedua, larutan sodium fosfat direaksikan dengan *sodium hipoklorit* sehingga akan menghasilkan trisodium fosfat. Tahap ketiga, larutan yang terbentuk dikontakkan dengan katalisator *sodium silica* 0,5%. Tahap keempat, proses pendinginan, kristalisasi dan granulasi. Tahap terakhir, melakukan *air-cooling* dan *drying* dengan suhu rendah.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



1.4.4 Perbandingan Macam-Macam Proses

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Trisodium Fosfat

Faktor Perbandingan	Netralisasi Asam Fosfat	Penambahan Katalis Sodium Silica
Suhu	85 - 100°C	40 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Proses	-Sederhana -Pembuatan disodium fosfat. dan trisodium fosfat	-Proses Panjang -Pembuatan monosodium fosfat.; disodium fosfat ; dan trisodium fosfat.
Sifat Bahan	Bahan bersifat korosif dan iritan	Bahan bersifat korosif dan berbahaya bagi lingkungan
Bahan Baku	Asam fosfat, Sodium karbonat dan Sodium hidroksida	Asam fosfat, Sodium karbonat, Sodium hidroksida, dan Sodium hipoklorit
Katalis	-	Sodium Silica
Reaktor	RATB	RATB
Kemurnian	98%	87%
Harga	-Murah - Asam fosfat: Rp 20.000/kg Sodium karbonat : Rp 8.800 /kg Sodium hidroksida : Rp 10.500/kg Total : Rp 39.300	-Mahal - Asam fosfat : Rp 20.000/kg Sodium karbonat : Rp 8.800/kg Sodium hidroksida : Rp 10.500/kg Sodium silica : Rp 5.400 Total : Rp 44.700

Dari tabel perbandingan proses diatas, dipilih proses pembuatan trisodium fosfat secara netralisasi asam. Beberapa pertimbangan memilih proses tersebut yaitu:

1. Tidak menggunakan bahan baku pembantu atau katalis
2. Bahan baku murah dan mudah diperoleh
3. Kemurnian produk yang dihasilkan lebih tinggi
4. Instalasi peralatan yang digunakan sederhana

1.4.5 Manfaat Produk

Trisodium Fosfat dapat dimanfaatkan antara lain:

1. Bahan baku pembuatan detergen.
2. Antiseptik cleaner yang baik dalam industri pengolahan pangan.
3. Bahan baku pembuatan pupuk

1.4 Tinjauan Kinetika

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

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots(1)$$

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

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

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

Keterangan :

A = Faktor Arrhenius

Ea = 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 :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{T}}$$

$$k = 1332,0841 \exp^{-\frac{2467,13}{363}} \quad (\text{Sarto \& Alamsyah, Vol.31})$$

$$k = 1,4888 \text{ L/gmol. menit}$$

$$k = 89,3305 \text{ m}^3/\text{kmol. jam}$$

Dimana :

K = Konstanta laju reaksi

A = Faktor frekuensi

Ea = Energi aktivasi (Kj.mol)

R = Konstanta gas (J/mol.K)

T = Suhu (K)

Dari hasil perhitungan diperoleh, nilai kinetika untuk persamaan reaksi kedua adalah:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{T}}$$

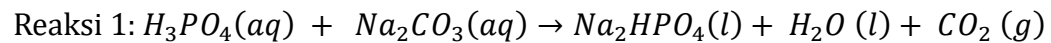
$$k = 20.744,71 \exp^{-\frac{2467,13}{363}} \quad (\text{Chemical Engineering Research Vol A2})$$

$$k = 23,1859 \text{ L/gmol. menit}$$

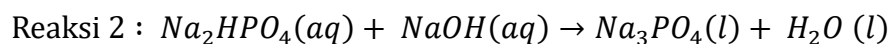
$$k = 23,1859 \text{ m}^3/\text{kmol. jam}$$

1.5 Tinjauan Termodinamika

Reaksi dapat berjalan eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan meninjau panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada 298°C (Wagman, 1982).



$$\begin{aligned} \Delta H_{f^\circ} &= \sum \Delta H_{f^\circ \text{produk}} - \sum \Delta H_{f^\circ \text{reaktan}} \\ &= (-1772,38 - 393,51 - 285,83) - (-1277,4 - 1157,38) \text{ kJ/mol} \\ &= -16,94 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{f^\circ} &= \sum \Delta H_{f^\circ \text{produk}} - \sum \Delta H_{f^\circ \text{reaktan}} \\ &= (-1997,9 - 285,83) - (-1772,38 - 470,114) \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$= -41,236 \text{ kJ/mol}$$

Dari perhitungan entalpi pembentukan standar didapatkan hasil yang bernilai negatif (-), maka dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan trisodium fosfat bersifat *eksotermis*.

Reaksi yang terjadi *bolak-balik (reversible) atau searah (irreversible)* dapat ditentukan dengan meninjau energi Gibbs (ΔG°) (Wagman, 1982):

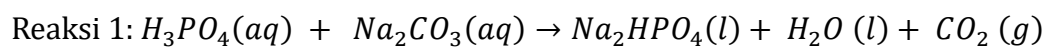
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{298}$$

Dimana: ΔG° = Energi Gibbs standar suatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)

R = Konstanta gas ($8,314 \times 10^{-3}$ kJ/mol.K)

T = Temperature (K)

K = Konstanta keseimbangan



$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}}$$

$$= (-1612,98 - 394,359 - 237,15) - (-1018,7 - 1051,64) \text{ kJ/mol}$$

$$= -174,128 \text{ kJ/mol}$$

$$= -R T \ln K_{298}$$

$$-174,128 = -8,314 \times 10^{-3} \times 298 \times \ln K_{298}$$

$$\ln K_{298} = 70,2817$$

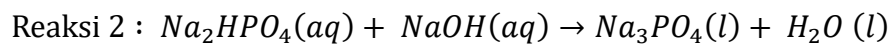
$$K_{298} = 3,3339 \times 10^{30}$$

Harga K pada suhu 90°C (363 K) dapat dihitung:

$$\ln \left(\frac{K_{363}}{K_{298}} \right) = \left(\frac{\Delta H_f^\circ}{R} \right) \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{363}}{3,3339 \times 10^{30}} \right) = \left(\frac{-16,94}{8,314 \times 10^{-3}} \right) \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{363} = 1,1342 \times 10^{31}$$



$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}}$$

$$= (-1804,5 - 237,129) - (-1612,98 - 419,150) \text{ kJ/mol}$$

$$= -9,499 \text{ kJ/mol}$$

$$= -R T \ln K_{298}$$

$$-9,499 = -8,314 \times 10^{-3} \times 298 \times \ln K_{298}$$

$$\ln K_{298} = 3,8340$$

$$K_{298} = 46,2470$$

Harga K pada suhu 90°C (363 K) dapat dihitung:

$$\ln \left(\frac{K_{363}}{K_{298}} \right) = \left(\frac{\Delta H_f^\circ}{R} \right) \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{363}}{46,2470} \right) = \left(\frac{-41,236}{8,314 \times 10^{-3}} \right) \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K_{363} = 910,7559$$

Dari perhitungan diatas, reaksi pertama (1) dan kedua (2) didapat nilai $K_{363} \gg 1$, maka reaksi pembentukan Na_2HPO_4 dan Na_3PO_4 bersifat *irreversible* (searah).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Asam Fosfat

Rumus Kimia	: H ₃ PO ₄
Bentuk	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Berat Molekul	: 98 (g/mol)
Titik Didih	: 158 (°C)
Titik Leleh	: 21 (°C)
Densitas	: 1866,03 (g/L)
Viskositas	: 148,554 (Cp)
pH	: 0,5
Kelarutan dalam air (gr/100gr H ₂ O)	: 548
(Sumber: Aspen)	
Komposisi Berat	: Asam Fosfat: 98%
	Air :2%
Kemurnian	: 98%
Sumber	: PT. Petrokimia Gresik

2. Natrium Karbonat

Rumus Kimia	: Na_2CO_3
Bentuk	: Serbuk
Warna	: Putih
Bau	: Tidak Berbau
Berat Molekul	: 106 (g/mol)
Titik Didih	: 300 (°C)
Titik Leleh	: 854 (°C)
Densitas	: 2520,94 (g/L)
Viskositas	: 3,4 (Cp)
pH	: 11-12
Kelarutan dalam air (gr/100gr H_2O)	: 45,5 (25 °C)

(Sumber: Aspen)

Komposisi Berat	: Natrium Karbonat : 99%
	Zat pengotor : 1%
Impuritas	: MgO ; CaO ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3
Kemurnian	: 99%
Sumber	: PT. Petrokimia Gresik x PT Garam (Persero) x Unilever

3. Sodium Hidroksida

Rumus Kimia	: NaOH
Bentuk	: Padat
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Berat Molekul	: 40 (g/mol)
Titik Didih	: 1,390 (°C)
Titik Leleh	: 319-322 (°C)
Densitas	: 2101,17(g/L)
Viskositas	: 4,0 (Cp)
pH	: 13
Kelarutan dalam air (gr/100gr H ₂ O)	:1000 (25 °C)

(Sumber: Apen)

Komposisi Berat	: Sodium Hidroksida: 98%
	Air : 2%
Kemurnian	: 98%
Sumber	: PT. Asahimas Chemical

2.2 Spesifikasi Produk

1. Trisodium Fosfat

Rumus Kimia	: Na_3PO_4
Bentuk	: Kristal
Warna	: Putih
Berat Molekul	: 164 (g/mol)
Titik Didih	: 100 ($^{\circ}\text{C}$)
Titik Leleh	: 75 ($^{\circ}\text{C}$)
Densitas	: 1,62 (g/L)
Viskositas	: 2,293 (Cp)
pH	: 13
Kelarutan dalam air (gr/100grH ₂ O)	: 14,45 (25 $^{\circ}\text{C}$)

(Sumber: Pubchem)

Komposisi Berat	: Trisodium Fosfat : 94%
	Air : 6%
Impuritas	: H ₂ O
Kemurnian	: Rp 94%

2.2 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas

Kualitas produk berkaitan dengan ketidaksesuaian mutu bahan baku, kesalahan operasi, dan kerusakan alat. Parameter tersebut perlu diidentifikasi dan dibuat rencana apabila terjadi penyimpangan. Adapun parameter yang perlu diukur sebagai berikut: kemurnian dari bahan baku H_3PO_4 , Na_2CO_3 , $NaOH$, kadar air dan kadar zat pengotor.

2.3.2 Pengendalian Kuantitas

Kuantitas produk dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku, kerusakan mesin, dan waktu perbaikan alat. Identifikasi dan evaluasi diperlukan apabila terjadi penyimpangan, dan perencanaan disesuaikan kondisi dilapangan. Pengendalian ini meliputi: pengawasan terhadap mutu bahan baku, pengawasan terhadap produk setengah jadi maupun produk dan pengawasan mutu proses.

Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi berpusat pada area *control room* dimana semua alat dikendalikan dengan bantuan *automatic control* dengan menggunakan indikator. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain :

- *Flow Controller*

Flow Rate Controller merupakan alat yang dipasang untuk mengatur dan mengendalikan aliran fluida (cairan) dalam proses.

- *Level Indicator Controller*

Level Controller merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki berfungsi sebagai pemantau volume cairan di dalam tangki.

- *Temperature Controller*

Temperature Controller merupakan alat yang dipasang menjaga suhu dalam batas yang diinginkan. Ketika nilai suhu actual yang diukur melebihi set point-nya maka outputnya akan bekerja.

2.3.3 Pengendalian Waktu

Proses produksi harus dijalankan tepat waktu dan disesuaikan dengan jumlah pesanan. Keterlambatan produksi disebabkan oleh kekurangan bahan baku, kerusakan alat mengakibatkan proses terhenti. Pengendalian dilakukan dengan cara yaitu melakukan pencatatan kegiatan produksi dalam *logbook* dan melaksanakan *monitoring* berkala.

2.3.4 Identifikasi Hazard

Tabel 1.6 Pertimbangan Aspek *Safety* Pabrik

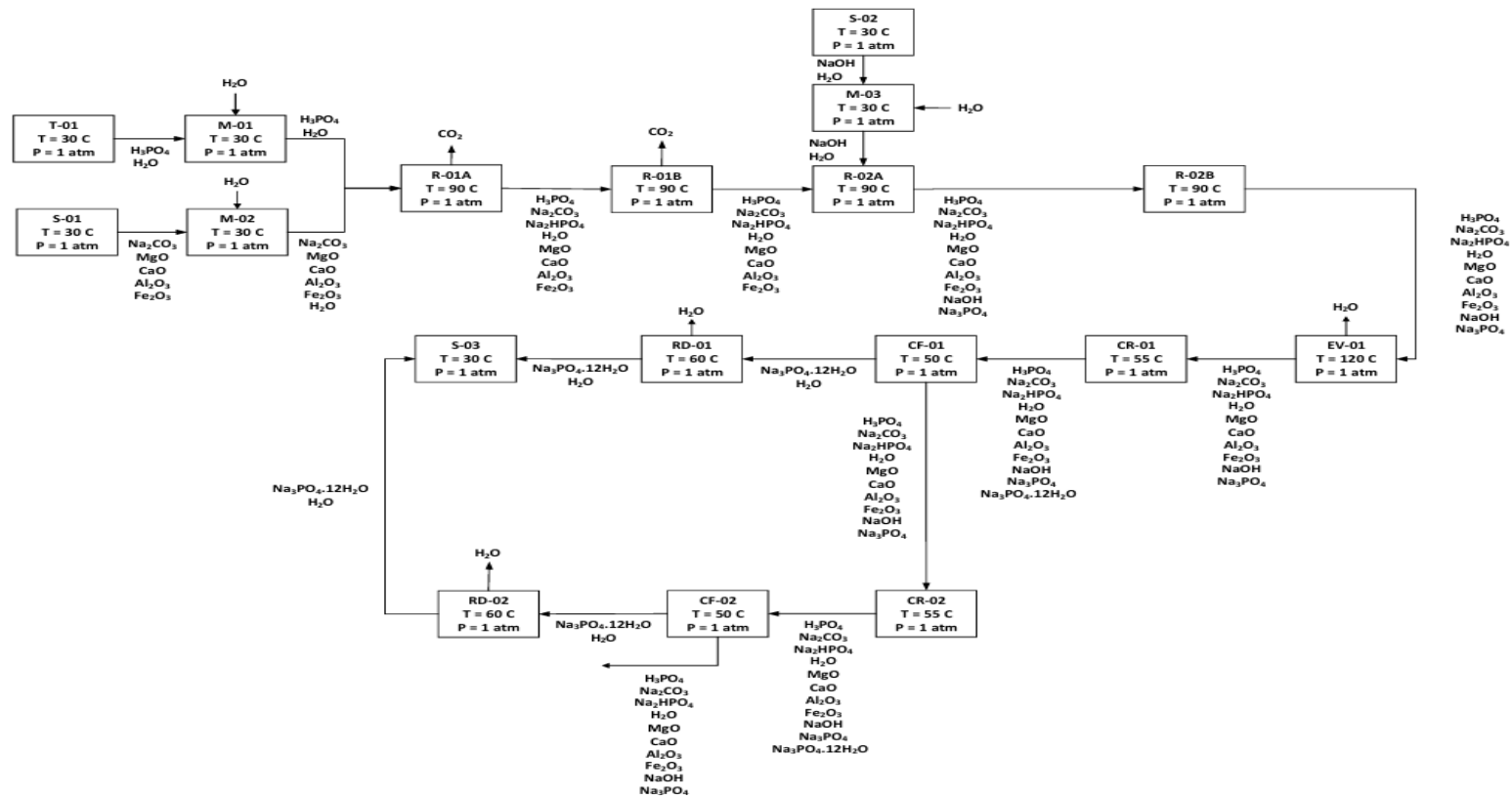
a. Identifikasi Hazard Bahan Kimia yang Ada dalam Proses									
Bahan	<i>Hazard</i>							Keterangan	Pengelolaan
	<i>Explosive</i>	<i>Flamammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Irritant</i>	<i>Oxidizing</i>	<i>Radioactive</i>		
Bahan Baku									
1. Asam Fosfat 75 % (H_3PO_4)	-	-	√	√	√	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Irritant</i> terhadap kulit dan korosif jika terkena mata. • <i>Korosif</i> pada logam • <i>Toksisitas akut</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Disimpan dalam tempat penyimpanan tertutup rapat • Tempat penyimpanan diletakkan pada area sejuk dan berventilasi
2. Natrium Karbonat (Na_2CO_3)	-	-	-	-	√	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Irritant</i> terhadap kulit • Reaktif dengan asam dan uap • Higroskopis (mudah menyerap air disekitar) 	<ul style="list-style-type: none"> • Disimpan dalam tempat penyimpanan tertutup rapat • Diletakkan pada area sejuk dan berventilasi • Dipasang <i>fan</i>

Lanjutan Tabel 1.7 Pertimbangan Aspek *Safety* Pabrik

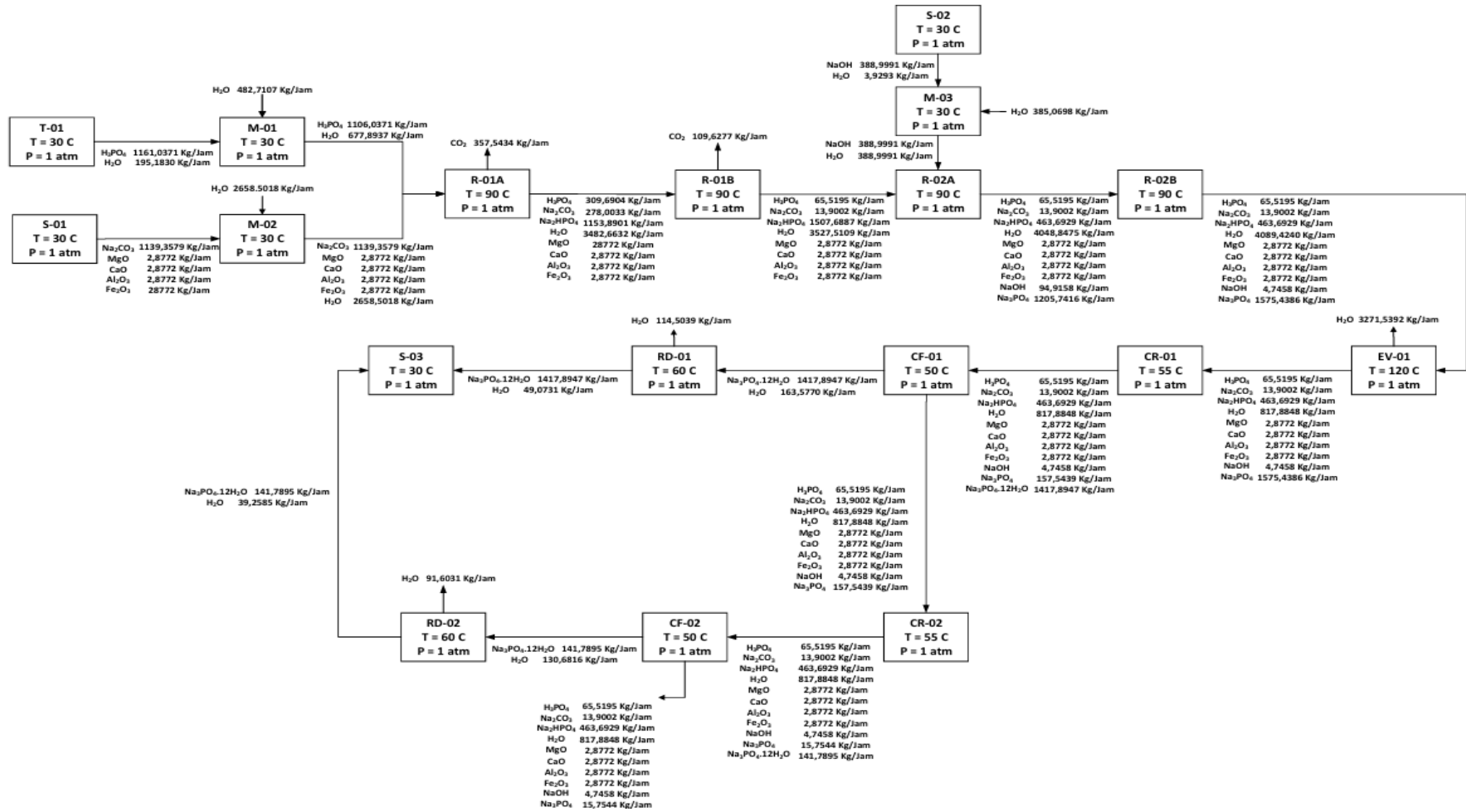
3. Natrium Hidroksida (NaOH)	-	-	-	√	√	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Korosif</i> terhadap logam • <i>Korosif</i> terhadap kulit dan mata • Sangat <i>reaktif</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Simpan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. • Jauhkan dari panas dan sumber api.
4. Air (H ₂ O)	-	-	-	-	-	-	-		<ul style="list-style-type: none"> • Tidak diperlukan kondisi penyimpanan khusus
5. Karbon dioksida (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	-		<ul style="list-style-type: none"> • Sebaiknya dipasang <i>valve protection cap</i> • Tangki kosong dan berisi disimpan secara terpisah
Produk									
1. Trisodium Fosfat (Na ₃ PO ₄)	-	-	√	-	√	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah iritasi kulit • Toksisitas akut LD 50 	<ul style="list-style-type: none"> • Disimpan dalam tangki tertutup • Diberi <i>fan</i>

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif

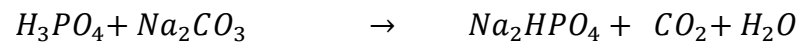


Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan trisodium fosfat dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung pada fase cair-cair dan bersifat endotermis dan eksotermis sehingga untuk mencapai reaksi yang diinginkan digunakan pendingin.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(Faith, Keyes and Clark, 1975)

Secara garis besar, proses pembuatan trisodium fosfat dengan bahan baku sodium karbonat, asam fosfat, dan sodium hidroksida dapat dibagi menjadi lima tahap utama yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan disodium fosfat
3. Tahap pembentukan trisodium fosfat
4. Tahap pengeringan produk

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

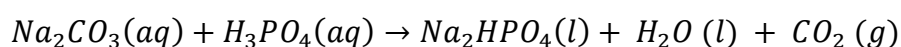
Dalam proses pembuatan trisodium fosfat, bahan baku yang digunakan adalah asam fosfat, sodium karbonat, dan sodium hidroksida. Bahan-bahan ini harus memiliki kemurnian tertentu bertujuan untuk memastikan kualitas dari produk tersebut. Oleh karena itu, digunakan asam fosfat dengan kemurnian sekitar 85%, sodium karbonat dengan kemurnian sekitar 99%, dan sodium hidroksida dengan kemurnian sekitar 99%. Bahan baku asam fosfat disimpan dalam *tangki-01* (T-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, kemudian diencerkan dalam *mixer-01* (M-01) yang mula-mula kadarnya 85% hingga kadar menjadi 62%. Hasil keluaran *mixer-01* (M-01) dialirkan menuju *reaktor-01 A* (R-01A).

Bahan baku sodium karbonat dikeluarkan dari *silo-01* (S-01) dan diangkut menggunakan *screw conveyor-01* (SC-01), kemudian dilarutkan dalam tangki pelarut di *mixer-02* (M-02). Konsentrasi larutan sodium karbonat yang keluar dari tangki pelarut sebesar 30% berat Na_2CO_3 . Sodium karbonat dipompa menggunakan pompa jenis *sentrifugal* yang selanjutnya dialirkan ke *reaktor-01A* (R-01A).

Bahan baku sodium hidroksida diambil dari *silo-02* (S-02) dengan menggunakan *screw conveyor-02* (SC-02), kemudian dilarutkan pada tangki pelarut di *mixer-03* (M-03). Konsentrasi larutan sodium hidroksida yang keluar dari tangki pelarut sebesar 50% berat NaOH. Sodium hidroksida dipompa menggunakan pompa *sentrifugal* ke *reaktor-02A* (R-02A).

3.2.2 Tahap Pembentukan Disodium Fosfat

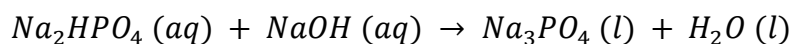
Larutan asam fosfat direaksikan dengan sodium karbonat dalam reaktor menggunakan *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang memiliki pengaduk dan *jacket* pendingin. Air digunakan sebagai media pendingin. Reaktor beroperasi pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm, reaksi yang terjadi dalam reaktor 1 adalah:



Hasil reaksi berupa gas CO₂ akan keluar melalui pipa pembuangan. Hasil utama pada *reaktor-01* (R-01) berupa disodium fosfat.

3.2.3 Tahap Pembentukan Trisodium Fosfat

Larutan disodium fosfat dari *reaktor-01B* (R-01B) dialirkan ke *reaktor-02A* (R-02 A) dengan menggunakan pompa untuk direaksikan dengan sodium hidroksida yang memiliki konsentrasi 50% berat NaOH. *Reaktor-02A* (R-02 A) dilengkapi dengan pengaduk dan *jacket* pendingin. Kondisi operasional reaktor adalah pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Dalam reaktor 2 terjadi reaksi:



3.2.4 Tahap Pengkristalan Trisodium Fosfat

Trisodium fosfat keluar dari *reaktor-02B* (R-02 B), kemudian dipompa ke *evaporator-01* (EV-01) untuk proses pemekatan. Larutan jenuh keluar dari evaporator dengan suhu 100°C, kemudian dialirkan ke *crystallizer-01* (CR-01)

untuk proses kristalisasi dilakukan pada suhu 55°C. Larutan yang keluar dari *crystallizer* kemudian dialirkan ke *centrifuge-01* (CF-01) pada suhu 50°C untuk memisahkan endapan berupa *cake* Na_3PO_4 dengan H_2O , kemudian dipompa *rotary dryer-01* (RD-01) pada suhu 60°C untuk menguapkan airnya dan menjadi $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ sebagai produk akhir dalam proses yang akan disimpan dalam *silo-03* (S-03).

3.2.5 Tahap Pengeringan Produk

Mother liquor sebagai produk samping dari *centrifuge-01* (CF-01) dialirkan ke *crystallizer-02* (CR-02) untuk mengkristalkan $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Hasil keluaran dialirkan ke *centrifuge-02* (CF-02) untuk memisahkan padatan hasil pengkristalan dari cairan H_2O yang masih terikut. Kristal keluaran *crystallizer* lalu dialirkan ke *rotary dryer*. *Rotary dryer-02* (RD-02) untuk menguapkan sebagian airnya dan menjadi $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ sebagai produk akhir dalam proses yang akan disimpan dalam *silo-03* (S-03).

3.3 Spesifikasi Alat

1. Reaktor I (R-01)

Spesifikasi Umum

Kode : R-01 A

Fungsi : Mereaksikan asam fosfat (H_3PO_4) dan sodium karbonat (Na_2CO_3) yang membentuk disodium fosfat (Na_2HPO_4)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304, Grade 3*

Operating Condition	
Suhu	: 90 °C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 89,71 menit
Mechanical Condition	
Dimensi reaktor	: Volume reaktor : 1,4968 m ³ : Tinggi reaktor : 1,2557 m : Diameter shell : 0,6185 m : Tinggi shell : 0,9277 m : Volume shell : 1,4565 m ³ : Tebal head : 0,0048 m

	: Tinggi head : 0,1640 m
Spesifikasi pengaduk	: Jenis : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Tinggi : 0,0412 m : Diameter : 0,2062 m : Lebar pengaduk : 0,0515 m : Lebar <i>baffle</i> : 0,0515 m : Jumlah : 1 buah : Kecepatan : 503 rpm : Power pengaduk : 3 HP
Spesifikasi <i>jacket</i> pendingin	: Tinggi : 1,1345 m : Diameter : 0,762 m : Luas selimut : 4,3655 m ²
Harga alat	: \$ 71.900

Spesifikasi Umum

Kode : R-01 B

Fungsi : Mereaksikan asam fosfat (H_3PO_4) dan sodium karbonat (Na_2CO_3) yang membentuk disodium fosfat (Na_2HPO_4)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304, Grade 3*

Operating Condition	
Suhu	: 90 °C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 45 menit
Mechanical Condition	
Dimensi reaktor	: Volume reaktor : 1,4968 m ³ : Tinggi reaktor : 0,9464 m : Diameter shell : 0,6185 m : Tinggi shell : 0,9277 m : Volume shell : 1,4565 m ³ : Tebal head : 0,0048 m : Tinggi head : 0,1640 m
Spesifikasi pengaduk	: Jenis : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Tinggi : 0,0412 m : Diameter : 0,2062 m : Lebar pengaduk : 0,0515 m : Lebar <i>baffle</i> : 0,0515 m : Jumlah : 1 buah : Kecepatan : 396 rpm : Power pengaduk : 1 HP
Spesifikasi <i>jacket</i> pendingin	: Tinggi : 0,8253 m

	: Diameter : 0,762 m
	: Luas selimut : 3,5763 m ²
Harga alat	: \$ 71.900

2. Reaktor II (R-02A)

Spesifikasi Umum

Kode : R-02 A

Fungsi : Mereaksikan sodium oksida (NaOH) dan disodium fosfat (Na₂HPO₄) membentuk trisodium fosfat (Na₃PO₄)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304, Grade 3*

Operating Condition	
Suhu	: 90 °C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 45 menit
Mechanical Condition	
Dimensi reaktor	: Volume reaktor : 41,8179 m ³ : Tinggi reaktor : 8,3067 m : Diameter shell : 5,5367 m

	: Tinggi shell : 8,3067 m : Volume shell : 13,0415 m ³ : Tebal head : 0,0048 m : Tinggi head : 46,9367 m
Spesifikasi pengaduk	: Jenis : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Tinggi : 0,3692 m : Diameter : 1,8459 m : Lebar pengaduk : 0,4615 m : Lebar <i>baffle</i> : 0,4615 m : Jumlah : 1 buah : Kecepatan : 48 rpm : Power pengaduk : 125 HP
Spesifikasi <i>jacket</i> pendingin	: Tinggi : 9,7192 m : Diameter : 5,8928 m : Luas selimut : 255,2194 m ²
Harga alat	: \$ 229.800

Spesifikasi Umum

Kode : R-02 B

Fungsi : Mereaksikan asam fosfat (H₃PO₄) dan sodium karbonat (Na₂CO₃) yang membentuk disodium fosfat (Na₂HPO₄)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304, Grade 3*

Operating Condition	
Suhu	: 90 °C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 9,7020 jam
Mechanical Condition	
Dimensi reaktor	: Volume reaktor : 41,8179 m ³ : Tinggi reaktor : 7,9222 m : Diameter shell : 5,5378 m : Tinggi shell : 5,5378 m : Volume shell : 13,0415 m ³ : Tebal head : 0,0048 m : Tinggi head : 46,9367 m
Spesifikasi pengaduk	: Jenis : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Tinggi : 0,3692 m : Diameter : 0,1,8459 m : Lebar pengaduk : 0,4615 m : Lebar <i>baffle</i> : 0,4615 m : Jumlah : 1 buah

	: Kecepatan : 39 rpm
	: Power pengaduk : 60 HP
Spesifikasi <i>jacket</i> pendingin	: Tinggi : 6,9503 m
	: Diameter : 5,8928 m
	: Luas selimut : 202,2187 m ²
Harga alat	: \$ 229.800

3. Mixer

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Mixer

Fungsi Alat		:Mengencerkan H ₃ PO ₄ sampai konsentrasi 62%.	:Mengencerkan Na ₂ CO ₃ sampai konsentrasi 30%	Mengencerkan NaOH sampai konsentrasi 50%
Kode Alat		: M-01	: M-02	: M-03
Kondisi operasi	Tekanan	: 1 atm	: 1 atm	: 1 atm
	Suhu	: 30 °C	: 30 °C	: 30 °C
	Waktu tinggal	: 30 menit	: 30 menit	: 30 menit
Volume Overdesign mixer (20%)		: 2,8659 m ³	: 6,5326 m ³	: 1,2993 m ³
Bahan konstruksi		: <i>Stainless Steel SA-240, Grade A Tipe 410</i>	: <i>Carbon Steel SA -283 Grade C</i>	: <i>Carbon Steel SA -283 Grade C</i>
Dimensi mixer	Diameter	: 1,8254 m	: 4,1609 m	: 0,8276 m
	Tinggi	: 2,7381 m	: 6,2413 m	: 1,2413 m
	Tebal shell	: 0,1875 inch	: 0,25 inch	: 0,1875 inch
	Tebal head	: 0,1875 inch	: 0,1875 inch	: 0,1875 inch
Pengaduk mixer	Jenis	: Turbine	: Turbine	: Turbine
	Lebar baffle	: 0,1521 m	: 0,3467 m	: 0,0662 m
	Kecepatan putaran	: 111 rpm	: 21 rpm	: 530 rpm
	Power	: 10 HP	: 5 HP	: 20 HP
Harga alat		: 14.400 \$: 8.400 \$: 17.100 \$

4. Evaporator

Spesifikasi Umum

Kode : EV-01

Fungsi : Menguapkan H₂O dari senyawa lainnya yang homogen dalam 1 larutan.

Jenis : *Long-Tube Vertical, Natural Circulation Evaporator*

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304

Operating Condition			
Position	Shell		Tube
Fluid	Heavy Organic		Steam
Fluid type	Cold		Hot
Temperature in	90 °C		102°C
Temperature out	120°C		120°C
Pressure	1 atm		1 atm
Mechanical Design			
Shell		Tube	
ID	: 8 in	Aquoes Solution	: < 2 cp
		Jumlah Passes (N)	: 6
Baffle	: 2 in	Jumlah Tube (Nt)	: 25
		Area per tube (A't)	: 0,182
Pressure drop	: 0,0203 psi		
Volume Total	: 148,2934 m ³		
Volume Vapor	: 177,9521 m ³		
Volume Cairan	: 0,4530 m ³		
Dirt Factor	: 0,0050		
Harga, \$: \$ 126.600		

5. Crystallizer

Spesifikasi Umum

Kode : CR-01

Fungsi : Mengkristalkan Trisodium Fosfat (Na_3PO_4) menjadi
Trisodium Fosfat Dodekahidrat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

Jenis : *Continuous Stirred Tank Crystallizer (CSTC)*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition	
Suhu	: 55 °C
Tekanan	: 1 atm
Mechanical Condition	
Dimensi crystallizer	: Diameter : 1,9812 m : Tinggi : 2,2095 m : Volume : 4,4259 m ³ : Jenis pendingin : air
Spesifikasi pengaduk	: Jenis pengaduk : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Diameter pengaduk : 0,6604 m : Tinggi pengaduk : 0,1321 m : Lebar pengaduk : 0,1651 m

	: Lebar <i>baffle</i> : 0,1651 m : Jumlah pengaduk : 1 buah : Kecepatan pengaduk : 110 rpm : Power pengaduk : 10 HP
Spesifikasi Jacket Pendingin	: Tinggi : 2,2095 m : Diameter Dalam (D1) : 1,9899 m : Diameter Luar (D2) : 2,0407 m
Harga alat	: \$ 180.900

Spesifikasi Umum

Kode : CR-02

Fungsi : Mengkristalkan Trisodium Fosfat (Na_3PO_4) menjadi
 Trisodium Fosfat Dodekahidrat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

Jenis : *Continuous Stirred Tank Crystallizer (CSTC)*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition	
Suhu	: 55 °C
Tekanan	: 1 atm
Mechanical Condition	
Dimensi crystallizer	: Diameter : 2,1336 m

	: Tinggi : 2,5260 m : Volume : 6,0726 m ³ : Jenis pendingin : air
Spesifikasi pengaduk	: Jenis pengaduk : <i>Six-blade turbine, vertical blades</i> : Diameter pengaduk : 0,7112 m : Tinggi pengaduk : 0,1422 m : Lebar pengaduk : 0,1778 m : Lebar <i>baffle</i> : 0,1778 m : Jumlah pengaduk : 1 buah : Kecepatan pengaduk : 103 rpm : Power pengaduk : 10 HP
Spesifikasi Jacket Pendingin	: Tinggi : 2,5260 m : Diameter Dalam (D1) : 2,1423 m : Diameter Luar (D2) : 2,1930 m
Harga alat	: \$ 21.500

6. Centrifuge

Spesifikasi Umum

Kode : CF-01

Fungsi : Memisahkan padatan $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dari larutan sebelum diumpankan ke Rotary Dryer.

Jenis : *Disc Centrifuge*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition	
Suhu	: 50 °C
Tekanan	: 1 atm
Mechanical Condition	
Spesifikasi	: Kapasitas : 1,5815 ton/jam : Diameter <i>bowl</i> : 0,1778 m : Panjang <i>bowl</i> : 0,5334 m : Radius <i>bowl</i> : 0,0889 m : Laju putar motor : 240 rpm : Daya motor : 1,5 HP
Harga (\$)	: \$ 6.900

Spesifikasi Umum

Kode : CF-02

Fungsi : Memisahkan padatan $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dari larutan sebelum diumpankan ke Rotary Dryer.

Jenis : *Disc Centrifuge*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition	
Suhu	: 50 °C
Tekanan	: 1 atm
Mechanical Condition	
Spesifikasi	: Kapasitas : 0,2727 ton/jam : Diameter <i>bowl</i> : 0,1778 m : Panjang <i>bowl</i> : 0,5334 m : Radius <i>bowl</i> : 0,0889 m : Laju putar motor : 240 rpm : Daya motor : 0,8 HP
Harga (\$)	: \$ 6.900

7. Rotary Dryer

Spesifikasi Umum

Kode : RD-01

Fungsi : Mengurangi kadar cairan hingga didapatkan

$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ yang sesuai spesifikasi.

Jenis : *Indirect Contact Counter Rotary Dryer*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
Gas		Padatan	
<i>T in</i>	: 60 °C	<i>T in</i>	: 50 °C
<i>T out</i>	: 45 °C	<i>T out</i>	: 55 °C
Mechanical Design			
Diameter	: 1,2232 m		
Panjang	: 12,1986 m		
Tebal	: 0,0048 m		
Slope	: 0,4986 m/m		
Kecepatan Putaran	: 7,8110 rpm		
Power Standar	: 3 HP		
Harga (\$)	: \$ 5.400		

Spesifikasi Umum

Kode : RD-02

Fungsi : Mengurangi kadar cairan hingga didapatkan

$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ yang sesuai spesifikasi.

Jenis : *Indirect Contact Counter Rotary Dryer*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167, Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
Gas		Padatan	
<i>T in</i>	: 70 °C	<i>T in</i>	: 120 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 55 °C

<i>Mechanical Design</i>	
Diameter	: 1,0230 m
Panjang	: 20,0943 m
Tebal	: 0,0048 m
Slope	: 0,3658 m/m
Kecepatan Putaran	: 7,4711 rpm
Power Standar	: 3 HP
Harga (\$)	: \$ 4.300

8. Blower

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Blower

Blower	BL-01	BL-02	BL-03
Fungsi	: Mengalirkan udara dari lingkungan menuju Rotary Dryer-1 (RD-01)	: Mengalirkan udara dari lingkungan menuju Rotary Dryer-2 (RD-02)	: Mengalirkan udara dari lingkungan menuju Silo-03 (S-03)
Jumlah	: 1 unit	: 1 unit	: 1 unit
Jenis blower	: Blower Sentrifugal	: Blower Sentrifugal	: Blower Sentrifugal
Kapasitas	: 653,5005 cuft ³ /menit	: 462,1434 cuft ³ /menit	: 1905,0237 ft ³ /menit
Power	: 0,0833 HP	: 0,05 HP	: 10 HP
Harga (\$)	: \$ 500	: \$ 400	: \$ 5.600

9. Silo

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Silo

Silo	S-01	S-02	S-03
Fungsi	: Menyimpan bahan baku sodium karbonat (Na ₂ CO ₃)	: Menyimpan bahan baku sodium oksida (NaOH)	: Menyimpan bahan baku trisodium fosfat (Na ₃ PO ₄)
Lama Penyimpanan	: 7 hari	: 7 hari	: 7 hari
Fasa	: padat	: padat	: padat
Jumlah	: 1 unit	: 1 unit	: 1 unit
Jenis silo	: <i>Silinder tegak dengan conical bottom dan flat head</i>	: <i>Silinder tegak dengan conical bottom dan flat head</i>	: <i>Silinder tegak dengan conical bottom dan flat head</i>
Kondisi operasi	: Suhu (°C) : 30 °C Tekanan (P): 1 atm	: Suhu (°C) :30 °C Tekanan (P):1 atm	: Suhu (°C) : 30 °C Tekanan (P): 1 atm

Lanjutan Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Silo

Spesifikasi	: Bahan Kontruksi : <i>Carbon Steel SA -283 Grade C</i> : Volume :106,4263 m ³ : Diameter : 3,9709 m : Tinggi : 9,7542 m Tebal silinder :0,0063 m Tebal head : 0,0952m	: Bahan Kontruksi : <i>Carbon Steel SA -283 Grade C</i> : Volume : 41,8065m ³ : Diameter : 2,9082 m : Tinggi : 7,2024 m :Tebal silinder :0,0064 m :Tebal head:0,0079 m	: Bahan Kontruksi : <i>Carbon Steel SA -283 Grade C</i> : Volume : 211,9038 m ³ : Diameter : 4,9959 m : Tinggi : 12,1449m :Tebal silinder :0,0079 m :Tebal head: 0,0011m
Harga (\$)	: \$ 41.900	: \$ 24.600	: \$ 62.100

10. Tangki Penyimpanan

Spesifikasi Umum

Kode : T-01

Fungsi : Menyimpan bahan baku cair asam fosfat (H₃PO₄)

Jenis : *Silinder tegak dengan dasar flat dan head berbentuk kerucut*

Operating Condition	
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Mechanical Condition	
Lama penyimpanan	: 30 hari
Fasa	: cair
Spesifikasi	: Bahan kontruksi : <i>Stainless Steel SA -240 Type 304</i>

	: Volume tangki : 640,1885 m ³ : Diameter : 12,1920 m : Tinggi : 7,4570 m : Jumlah course : 2
Head & Bottom	: Jenis head : <i>Conical roof tank</i> * : Tebal shell - course 1 : 0,0079 in - course 2 : 0,0064 in : Tebal head : 0,0508 m : Tebal bottom : 0,0191 in
Harga (\$)	: \$ 292.700

*note: Berdasarkan Buku (Coulson 4th edition Vol.6, hal. 879)

- Bahan baku disimpan pada fase cair

- Kondisi operasi tangki pada tekanan atmosfer 1 atm dan suhu 30 °C

- Konstruksi lebih murah dibanding tipe horizontal sehingga lebih ekonomis

11. Screw Conveyor

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Screw Conveyor

Fungsi alat		: Mengangkut sodium karbonat (Na_2CO_3) dari Silo-01 menuju Mixer-02.	: Mengangkut sodium hidroksida (NaOH) dari Silo-02 menuju Mixer-03.	: Mengangkut bahan padatan dari Crystallizer-01 menuju Centrifuge-02.	: Mengangkut bahan padatan dari Centrifuge-01 menuju Rotary Dryer-01.
Kode alat		: SC-01	: SC-02	: SC-03	: SC-04
Kapasitas		: 5 ton/jam	: 5 ton/jam	: 5 ton/jam	: 5 ton/jam
Dimensi	Diameter Screw	: 0,2286 m	: 0,2286 m	: 0,2286 m	: 0,2286 m
	Diameter Pipa	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m
	Pusat Gantungan	: 3,048 m	: 3,048 m	: 3,048 m	: 3,048 m
	Diameter Bagian Umpan	: 0,1524 m	: 0,1524 m	: 0,1524 m	: 0,1524 m
	Panjang	: 4,572 m	: 4,572 m	: 4,572 m	: 4,572 m
Daya Motor		: 0,5 HP	: 0,5 HP	: 0,5 HP	: 0,5 HP
Harga Alat		: 5.000 \$: 5.000 \$: 5.000 \$: 5.000 \$

Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Screw Conveyor

Fungsi alat	: Mengangkut bahan padatan dari Rotary Dryer-01 menuju Silo-03	: Mengangkut bahan padatan dari Crystallizer-02 menuju Centrifuge-02.	: Mengangkut bahan padatan dari Centrifuge-02 menuju Rotary Dryer-02.	: Mengangkut bahan padatan dari Rotary Dryer-02 menuju Silo-03.	
Kode alat	: SC-05	: SC-06	: SC-07	: SC-08	
Kapasitas	: 5 ton/jam	: 5 ton/jam	: 5 ton/jam	: 5 ton/jam	
Dimensi	Diameter Screw	: 0,2286 m	: 0,2286 m	: 0,2286 m	: 0,2286 m
	Diameter Pipa	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m
	Pusat Gantungan	: 3,048 m	: 3,048 m	: 3,048 m	: 3,048 m
	Diameter Bagian Umpan	: 0,1524 m	: 0,1524 m	: 0,1524 m	: 0,1524 m
	Panjang	: 4,572 m	: 4,572 m	: 4,572 m	: 4,572 m
Daya Motor	: 0,5 HP	: 0,5 HP	: 0,5 HP	: 0,5 HP	
Harga Alat	: 5.000 \$: 5.000 \$: 5.000 \$: 5.000 \$	

12. Pompa

Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Pompa

Kode alat	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Fungsi	: Mengalirkan campuran Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Air (H_2O) dari Tangki ke Mixer-01 (M-01)	Mengalirkan air (H_2O) dari Utilitas ke Mixer-01 (M-01)	: Mengalirkan air (H_2O) dari Utilitas ke Mixer-02 (M-02)	: Mengalirkan air (H_2O) dari Utilitas ke Mixer-03 (M-03)	: Mengalirkan campuran Sodium Hidroksida (NaOH) dan Air (H_2O) dari Mixer-01 ke Reaktor-02A (R-02A)	: Mengalirkan cairan dari Mixer-01 ke Reaktor-01A (R-01A).
Jenis alat	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>
Impeller	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers
Kapasitas	: 46,1695 gpm	: 2,5691 gpm	: 14,1493 gpm	: 2,0941 gpm	: 8,2814 gpm	: 24,9857 gpm
Kecepatan Aliran	: 1,3486 m/s	: 0,4708 m/s	: 0,6787 m/s	: 0,3756 m/s	: 0,9379 m/s	: 0,7298 m/s
IPS	: 0,0508 m	: 0,0191 m	: 0,0381 m	: 0,0191 m	: 0,0254 m	: 0,0508 m
Flow Area	: 0,0022 m	: 0,0003 m	: 0,0013 m	: 0,0003 m	: 0,0006 m	: 0,0022 m
OD	: 0,0525 m	: 0,0267 m	: 0,0483 m	: 0,0267 m	: 0,0335 m	: 0,0525 m
ID	: 0,0605 m	: 0,0209 m	: 0,0409 m	: 0,0209 m	: 0,0266 m	: 0,0605 m
Efisiensi Pompa	: 55 %	: 45 %	: 45 %	: 45 %	: 45 %	: 48 %
Power Motor	: 0,0291 HP	: 0,0129 HP	: 0,1628 HP	: 0,0047 HP	: 0,1057 HP	: 0,0213 HP
Kecepatan Putar	: 0,0500	: 0,0500	: 0,2500	: 0,0500	: 0,0500	: 0,0500
Harga	: \$ 4.100	: \$ 2.500	: \$ 4.100	: \$ 2.500	: \$ 2.500	: \$ 4.100

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Pompa

Kode alat	P-07	P-08	P-09	P-10	P-11	P-12
Fungsi	: Mengalirkan cairan dari Reaktor-01 A ke Reaktor-01B (R-01B)	: Mengalirkan cairan dari Reaktor-01 A ke Reaktor-01B (R-01B)	: Mengalirkan cairan dari Reaktor-01 B ke Reaktor-02A (R-02A)	: Mengalirkan cairan dari Reaktor-02A ke Reaktor-02B (R-02B).	: Mengalirkan cairan dari Reaktor-02B ke Evaporator-01 (EV-01)	: Mengalirkan cairan dari Evaporator (EV-01) ke Crystallizer-01 (CR-01)
Jenis alat	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage
Bahan kontruksi	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>
Impeller	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers
Kapasitas	: 29,0513 gpm	: 43,1888 gpm	: 40,8728 gpm	: 570,5554 gpm	: 564,8941 gpm	: 47,5002 gpm
Kecepatan Aliran	: 0,8486 m/s	: 0,8823 m/s	: 0,8350 m/s	: 1,9319 m/s	: 1,9127 m/s	: 0,9704 m/s
IPS	: 0,0508 m	: 0,0635 m	: 0,0635 m	: 0,1524 m	: 0,1524 m	: 0,0635 m
Flow Area	: 0,0022 m	: 0,0031 m	: 0,0031 m	: 0,0186 m	: 0,0186 m	: 0,0031 m
OD	: 0,0525 m	: 0,0732 m	: 0,0732 m	: 0,1683 m	: 0,1683 m	: 0,0635 m
ID	: 0,0605 m	: 0,0627 m	: 0,0627 m	: 0,1541 m	: 0,1541 m	: 0,0732 m
Efisiensi Pompa	: 48 %	: 50 %	: 54 %	: 83 %	: 83 %	: 57 %
Power Motor	: 0,0462 HP	: 0,0611 HP	: 0,1066 HP	: 0,0845 HP	: 0,3678 HP	: 0,0461 HP
Kecepatan Putar	: 0,0833	: 0,0500	: 0,1250	: 0,1250	: 0,5000	: 0,0833
Harga	: \$ 4.100	: \$ 4.100	: \$ 4.100	: \$ 9.200	: \$ 9.200	: \$ 4.100

Tabel 3.8 Spesifikasi Alat Pompa

Fungsi	: Mengalirkan cairan dari Centrifuge-01 (CF-01) ke Crystallizer-02 (CR-02).	: Mengalirkan cairan dari Centrifuge-02 ke Unit Pengolahan Limbah (UPL)	
Kode alat	P-13	P-14	
Jenis alat	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	
Impeller	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	
Kapasitas	: 6,5925 gpm	: 6,2142 gpm	
Kecepatan aliran	: 0,7466 m ³ /s	: 0,7038 m ³ /s	
Dimensi Pipa	ID	: 0,0351 m	: 0,0266 m
	OD	: 0,0422 m	: 0,0335 m
	IPS	: 0,0254 m	: 0,0254 m
	Flow area	: 0,0006 m ²	: 0,0006 m ²
Effisiensi pompa	: 55 %	: 45 %	
Power pompa	: 0,0183 HP	: 0,0230 HP	
Power motor	: 0,0500 HP	: 0,0500 HP	
Harga alat	: 3.200 \$: 2.600 \$	

13. Heat Exchanger

Spesifikasi Umum

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan campuran asam fosfat (H_3PO_4) dari Mixer-01 (M-01) sebelum masuk ke Reaktor-1A (R-01A)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	: 90 °C	<i>T in</i>	: 100 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 100 °C
<i>Mechanical Design</i>			
<i>Anulus</i>		<i>Pipe</i>	
IPS	: 0,0508 m	IPS	: 0,0318 m
OD	: 0,0605 m	OD	: 0,0422 m
ID	: 0,0525 m	ID	: 0,0351 m
Surface Area	: 0,0578 sqm/m	Surface Area	: 0,1394 sqm/m
Panjang	: 3,6576 m	Panjang	: 3,6576 m
Luas transfer panas (A)	: 0,4201 m ²		
Uc	: 32,6022 Btu/jam.m ² .F		
Ud	: 258,9972 Btu/jam.m ² .F		
Rd	: 0,2886		
Rd min	: 0,001		
Harga (\$)	: \$ 1.100		

Spesifikasi Umum

Kode : HE-02

Fungsi : Memanaskan campuran sodium karbonat (Na_2CO_3) dari Mixer-02 (M-02) sebelum masuk ke Reaktor-1A (R-01A)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	: 90 °C	<i>T in</i>	: 100 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 100 °C
<i>Mechanical Design</i>			
<i>Anulus</i>		<i>Pipe</i>	
IPS	: 0,0508 m	IPS	: 0,0318 m
OD	: 0,0605 m	OD	: 0,0422 m
ID	: 0,0525 m	ID	: 0,0351 m
Surface Area	: 0,0578 sqm/m	Surface Area	: 0,1394 sqm/m
Panjang	: 3,6576 m	Panjang	: 3,6576 m
Luas transfer panas (A)	: 1,4323 m ²		
Uc	: 37,0557 Btu/jam.m ² .F		
Ud	: 501,1863 Btu/jam.m ² .F		
Rd	: 0,2690		
Rd min	: 0,001		
Harga (\$)	: \$ 1.700		

Spesifikasi Umum

Kode : HE-03

Fungsi : Memanaskan campuran sodium hidroksida (NaOH) dari Mixer-03 (M-03) sebelum masuk ke Reaktor-1A (R-01A)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	: 90 °C	<i>T in</i>	: 100 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 100 °C
<i>Mechanical Design</i>			
<i>Anulus</i>		<i>Pipe</i>	
IPS	: 0,0508 m	IPS	: 0,0318 m
OD	: 0,0605 m	OD	: 0,0422 m
ID	: 0,0525 m	ID	: 0,0351 m
Surface Area	: 0,0578 sqm/m	Surface Area	: 0,1394 sqm/m
Panjang	: 3,6576 m	Panjang	: 3,6576 m
Luas transfer panas (A)	: 0,2092 m ²		
Uc	: 16,2380 Btu/jam.m ² .F		
Ud	: 202,6077 Btu/jam.m ² .F		
Rd	: 0,6098		
Rd min	: 0,001		
Harga (\$)	: \$ 900		

Spesifikasi Umum

Kode : HE-04

Fungsi : Memanaskan campuran dari Reaktor-02B (R-02B) sebelum masuk ke Evaporator-01 (EV-01).

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	: 90 °C	<i>T in</i>	: 100 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 100 °C
<i>Mechanical Design</i>			
<i>Anulus</i>		<i>Pipe</i>	
IPS	: 0,0508 m	IPS	: 0,0318 m
OD	: 0,0605 m	OD	: 0,0422 m
ID	: 0,0525 m	ID	: 0,0351 m
Surface Area	: 0,0578 sqm/m	Surface Area	: 0,1394 sqm/m
Panjang	: 3,6576 m	Panjang	: 3,6576 m
Luas transfer panas (A)	: 1,7392 m ²		
Uc	: 674,9127 Btu/jam.m ² .F		
Ud	: 1337,3993 Btu/jam.m ² .F		
Rd	: 0,0079		
Rd min	: 0,001		
Harga (\$)	: \$ 1.100		

14. Cooler

Spesifikasi Umum

Kode : CL-01

Fungsi : Mendinginkan campuran yang keluar dari Evaporator-01
(EV-01) sebelum masuk ke Crystallizer-01 (CR-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA Grade 3 Tipe 304*

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	: 90 °C	<i>T in</i>	: 100 °C
<i>T out</i>	: 30 °C	<i>T out</i>	: 100 °C
<i>Mechanical Design</i>			
<i>Anulus</i>		<i>Pipe</i>	
IPS	: 0,0508 m	IPS	: 0,0318 m
OD	: 0,0605 m	OD	: 0,0422 m
ID	: 0,0525 m	ID	: 0,0351 m
Surface Area	: 0,0578 sqm/m	Surface Area	: 0,1394 sqm/m
Panjang	: 3,6576 m	Panjang	: 3,6576 m
Luas transfer panas (A)	: 10,1216 m ²		
Uc	: 66,2099 Btu/jam.m ² .F		
Ud	: 121,3738 Btu/jam.m ² .F		
Rd	: 0,0739		
Rd min	: 0,001		
Harga (\$)	: \$ 1.100		

3.4 Neraca Massa *Total*

Tabel 3.9 Neraca Massa Total

KOMPONEN	Input (kg/jam)								Output (kg/jam)							
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 5	Arus 11	Arus 12	Arus 19	Arus 25	Arus 7	Arus 9	Arus 16	Arus 20	Arus 21	Arus 24	Arus 26	Arus 27
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1417	0	0	141
H ₃ PO ₄	1106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	1139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
Na ₂ HPO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	0	0
H ₂ O	195	482	0	2658	3,9	385	0	0	0	0	3271	114	49	523	91	39
MgO	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0
CaO	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0
Al ₂ O ₃	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0
NaOH	0	0	0	0	388	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7	0	0
Na ₃ PO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0
CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	357	109	0	0	0	0	0	0
Udara Panas	0	0	0	0	0	0	890	630	0	0	0	890	0	0	630	0
Subtotal	1301	482	1150	2658	392	385	890	630	357	109	3271	1005	1466	778	721	181
Total	7892								7892							

3.4 Neraca Massa Alat

a) *Mixer-01 (M-01)*

Tabel 3.10 Neraca Massa *Mixer-01 (M-01)*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H₃PO₄	1061,0371	0	1061,0371
H₂O	195,8435	482,7107	677,8937
Subtotal	1301,2201	482,7107	1783,9307
Total	1783,9307		1783,9307

b) *Mixer-02 (M-02)*

Tabel 3.11 Neraca Massa *Mixer-02 (M-02)*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
Na₂CO₃	1139,3579	0	1139,3579
MgO	2,8772	0	2,8772
CaO	2,8772	0	2,8772
Al₂O₃	2,8772	0	2,8772
Fe₂O₃	2,8772	0	2,8772
H₂O	0	2658,5018	2658,5018
Subtotal	1150,8666	2658,5018	3809,3684
Total	3809,3684		3809,3684

c) *Mixer-03 (M-03)*Tabel 3.12 Neraca Massa *Mixer-03 (M-03)*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
NaOH	388,9991	0	388,9991
H ₂ O	3,9293	385,0698	388,9991
Subtotal	392,9284	385,0698	777,9982
Total	777,9982		777,9982

d) *Reaktor-01A (R-01A)*Tabel 3.13 Neraca Massa *Reaktor-01A (R-01A)*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 8
H ₃ PO ₄	1106,0371	0	0	309,6904
Na ₂ CO ₃	0	1139,3579	0	278,0033
Na ₂ HPO ₄	0	0	0	1153,8901
H ₂ O	677,8937	2658,5018	0	3482,6632
CO ₂	0	0	357,5434	0
MgO	0	2,8772	0	2,8772
CaO	0	2,8772	0	2,8772
Al ₂ O ₃	0	2,8772	0	2,8772
Fe ₂ O ₃	0	2,8772	0	2,8772
Subtotal	1783,9307	3809,3684	357,5434	5235,7557
Total	5592,2991		5592,2991	

e.) *Reaktor-01B (R-01 B)*Tabel 3.14 Neraca Massa *Reaktor-01B (R-01B)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
H₃PO₄	309,6904	0	65,5195
Na₂CO₃	278,0033	0	13,9002
Na₂HPO₄	1153,8901	0	1507,6887
H₂O	3482,6632	0	3527,5109
CO₂	0	109,6277	0
MgO	2,8772	0	2,8772
CaO	2,8772	0	2,8772
Al₂O₃	2,8772	0	2,8772
Fe₂O₃	2,8772	0	2,8772
Subtotal	5235,7557	109,6277	5126,1280
Total	5235,7557	5235,7557	

f.) *Reaktor-02A (R-02A)*Tabel 3.15 Neraca Massa *Reaktor-02A (R-02A)*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 10	Arus 13	Arus 14
H₃PO₄	65,5195	0	65,5195
Na₂CO₃	13,9002	0	13,9002
Na₂HPO₄	1507,6887	0	463,6929
H₂O	3527,5109	388,9991	4048,8475
MgO	2,8772	0	2,8772
CaO	2,8772	0	2,8772
Al₂O₃	2,8772	0	2,8772
Fe₂O₃	2,8772	0	2,8772
NaOH	0	388,9991	94,9158
Na₃PO₄	0	0	1205,7416
Subtotal	5126,1280	777,9982	5904,1262
Total	5904,1262		5904,1262

g.) *Reaktor-02 B (R-02B)*Tabel 3.16 Neraca Massa *Reaktor-02B (R-02B)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 14	Arus 15
H ₃ PO ₄	65,5195	65,5195
Na ₂ CO ₃	13,9002	13,9002
Na ₂ HPO ₄	463,6929	143,5894
H ₂ O	4048,8475	4089,4240
MgO	2,8772	2,8772
CaO	2,8772	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	2,8772
NaOH	94,9158	4,7458
Na ₃ PO ₄	1205,7416	1575,4386
Subtotal	5904,1262	5904,1262
Total	5904,1262	5904,1262

h.) *Evaporator-01 (EV-01)*Tabel 3.17 Neraca Massa *Evaporator-01 (EV-01)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
H ₃ PO ₄	65,5195	0	65,5195
Na ₂ CO ₃	13,9002	0	13,9002
Na ₂ HPO ₄	143,5894	0	143,5894
H ₂ O	4089,4240	3271,5392	817,8848
MgO	2,8772	0	2,8772
CaO	2,8772	0	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	0	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	0	2,8772
NaOH	4,7458	0	4,7458
Na ₃ PO ₄	1575,4386	0	1575,4386
Subtotal	5904,1261	3271,5392	2632,5869
Total	5904,1261	5904,1261	

i.) Rotary Dryer-01 (RD-01)

Tabel 3.18 Neraca Massa *Rotary Dryer-01 (RD-01)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 19	Arus 20	Arus 21
H₂O	163,5770	114,5039	49,0731
Na₃PO₄.12H₂O	1417,8947	0	1417,8947
Udara Panas	67,8130	67,8130	0
Subtotal	1649,2847	182,3169	1466,9678
Total	1649,2847	1649,2847	

j.) Rotary Dryer-02 (RD-02)

Tabel 3.19 Neraca Massa *Rotary Dryer-02 (RD-02)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 25	Arus 26	Arus 27 (recycle)
H₂O	130,8616	91,6031	39,2585
Na₃PO₄.12H₂O	141,7895	0	141,7895
Udara Panas	54,1808	54,1808	0
Subtotal	272,6510	91,6031	181,0479
Total	272,6510	272,6510	

k.) *Centrifuge-01 (CF-01)*Tabel 3.20 Neraca Massa *Centrifuge-01 (CF-01)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 22
H ₃ PO ₄	65,5195	0	65,5195
Na ₂ CO ₃	13,9002	0	13,9002
Na ₂ HPO ₄	143,5894	0	143,5894
H ₂ O	817,8848	163,5770	654,3078
MgO	2,8772	0	2,8772
CaO	2,8772	0	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	0	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	0	2,8772
NaOH	4,7458	0	4,7458
Na ₃ PO ₄	1575,4386	0	157,5439
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	0	1417,8947	0
Subtotal	2632,5869	1581,4717	1051,1153
Total	2632,5869	2632,5869	

l.) *Centrifuge-02 (CF-02)*Tabel 3.21 Neraca Massa *Centrifuge-02 (CF-02)*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 23	Arus 24	Arus 25
H ₃ PO ₄	65,5195	65,5195	0
Na ₂ CO ₃	13,9002	13,9002	0
Na ₂ HPO ₄	143,5894	143,5894	0
H ₂ O	654,3078	523,4463	163,5770
MgO	2,8772	2,8772	0
CaO	2,8772	2,8772	0
Al ₂ O ₃	2,8772	2,8772	0
Fe ₂ O ₃	2,8772	2,8772	0
NaOH	4,7458	4,7458	0
Na ₃ PO ₄	15,7544	15,7544	0
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	141,7895	0	1417,8947
Subtotal	2632,5869	1051,1153	1581,4717
Total	2632,5869	2632,5869	

m.) Crystallizer-01 (CR-01)

Tabel 3.22 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 17	Arus 18
H ₃ PO ₄	65,5195	65,5195
Na ₂ CO ₃	13,9002	13,9002
Na ₂ HPO ₄	143,5894	143,5894
H ₂ O	817,8848	817,8848
MgO	2,8772	2,8772
CaO	2,8772	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	2,8772
NaOH	4,7458	4,7458
Na ₃ PO ₄	1575,4386	157,5439
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	0	1417,894737
Subtotal	2632,5869	2632,5869
Total	2632,5869	2632,5869

n.) Crystallizer-02 (CR-02)

Tabel 3.23 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 22	Arus 23
H ₃ PO ₄	65,5195	65,5195
Na ₂ CO ₃	13,9002	13,9002
Na ₂ HPO ₄	143,5894	143,5894
H ₂ O	654,3078	654,3078
MgO	2,8772	2,8772
CaO	2,8772	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	2,8772
NaOH	4,7458	4,7458
Na ₃ PO ₄	157,5439	15,7544
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	0	141,7894737
Subtotal	1051,1153	1051,1153
Total	1051,1153	1051,1153

o.) *Tangki-01 (T-01)*Tabel 3.24 Neraca Massa *Tangki (T-01)*

Komponen	Output (kg/jam)
	Arus 1
H ₃ PO ₄	1106,0371
H ₂ O	195,1830
Subtotal	1301,2201
Total	1301,2201

p.) *Silo-01 (S-01)*Tabel 3.25 Neraca Massa *Silo (S-01)*

Komponen	Output (kg/jam)
	Arus 4
Na ₂ CO ₃	1139,3579
CaO	2,8772
MgO	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772
Subtotal	1150,8666
Total	1150,8666

q.) *Silo-02 (S-02)*Tabel 3.26 Neraca Massa *Silo (S-02)*

Komponen	Output (kg/jam)
	Arus 11
NaOH	388,9991
H ₂ O	3,9293
Subtotal	392,9284
Total	392,9284

*r.) Silo-03 (S-03)*Tabel 3.27 Neraca Massa *Silo* (S-03)

Komponen	Input (kg/jam)	Input (kg/jam)
	Arus 21	Arus 27 (produk)
Na₃PO₄.12H₂O	1417,8947	141,7895
H₂O	49,0731	39,7895
Subtotal	1466,9678	181,0479
Total	1648,0158	

3.5. Neraca Panas Alat

a. Reaktor (R-01 A)

Tabel 3.28 Neraca Panas *Reaktor-1A* (R-01A)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	18331,6798	0
Qout	0	17390,4833
Qreaksi	258152,8423	0
Qpendingin	0	259094,0387
Total	276484,5220	276484,5220

b. Reaktor (R-01 B)

Tabel 3.29 Neraca Panas *Reaktor-1B* (R-01B)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	17063,4327	0
Qout	0	16774,8489
Qreaksi	79153,21274	0
Qpendingin	0	79441,7965
Total	96216,6454	96216,6454

c. Reaktor (R-02 A)

Tabel 3.30 Neraca Panas *Reaktor-2 A* (R-02 A)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	18418,5123	0
Qout	0	20273,3033
Qreaksi	303100,3810	0
Qpendingin	0	301245,5901
Total	321518,8933	321518,8933

d. Reaktor (R-02 B)

Tabel 3.31 Neraca Panas *Reaktor-2 B* (R-02 B)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	20273,3033	0
Qout	0	20842,0077
Qreaksi	92934,7465	0
Qpendingin	0	92366,0420
Total	113208,0497	113208,0497

e. Mixer (M-01)

Tabel 3.32 Neraca Panas *Mixer-1* (M-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	4637,0290	0
Qout	0	4637,0290
Total	4637,0290	4637,0290

f. Mixer (M-02)

Tabel 3.33 Neraca Panas *Mixer-2* (M-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	12297,3052	0
Qout	0	12297,3052
Total	12297,3052	12297,3052

g. Mixer (M-03)

Tabel 3.34 Neraca Panas *Mixer-3* (M-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	1612,0736	0
Qout	0	1612,0736
Total	1612,0736	1612,0736

h. Evaporator (EV-01)

Tabel 3.35 Neraca Panas *Evaporator* (EV-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	ΔH in	ΔH out
Qin	1385085,8534	0
Qout atas	0	973327,6292
Qout bawah	0	411758,2242
Total	1385085,8534	1385085,8534

i. Crystallizer (CR-01)

Tabel 3.36 Neraca Panas *Crystallizer* (CR-01)

Komponen	Panas masuk (kJ/Kmol)	Panas pengkristalan (kJ/Kmol)	Panas keluar (kJ/Kmol)
H ₃ PO ₄	3429,5662		3429,5662
Na ₂ CO ₃	467,6868		467,6868
Na ₂ HPO ₄	1780,0828		1780,0828
H ₂ O	104443,6170		104443,6170
MgO	146,8153		146,8153
CaO	53,8872		53,8872
Al ₂ O ₃	0,3351		0,3351
Fe ₂ O ₃	59,5751		59,5751
NaOH	0,3119		0,3119
Na ₃ PO ₄	63827,1656		6382,7166
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	0		242,3563

Lanjutan Tabel 3.36 Neraca Panas *Crystallizer* (CR-01)

Panas Pengkristalan		242,3563	
Panas Pendingin			57444,4490
Subtotal	174209,0431	242,3563	174451,3994
Total	174451,3994		174451,3994

*j. Crystallizer (CR-02)*Tabel 3.37 Neraca Panas *Crystallizer* (CR-02)

Komponen	Panas Masuk (kJ/Kmol)	Panas Pengkristalan (kJ/Kmol)	Panas Keluar (kJ/Kmol)
H ₃ PO ₄	3429,5662		3429,5662
Na ₂ CO ₃	467,6868		467,6868
Na ₂ HPO ₄	1780,0828		1780,0828
H ₂ O	83554,8936		83554,8936
MgO	146,8153		146,8153
CaO	53,8872		53,8872
Al ₂ O ₃	0,3351		0,3351
Fe ₂ O ₃	59,5751		59,5751
NaOH	0,3119		0,3119
Na ₃ PO ₄	6382,7166		638,2717
Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	0		24,2356
Panas Pengkristalan		24,2356	
Panas Pendingin			5744,4449
Subtotal	95900,1063	24,2356	95900,1063
Total	95900,1063		95900,1063

*k. Centrifuge (CF-01)*Tabel 3.38 Neraca Panas *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Energi Masuk (kJ/hr)	Energi Keluar (Kj/hr)
Q in	96862,8446	0
Q out atas	0	17507,1432
Q out bawah	0	79355,7014
Total	96862,8446	96862,8446

l. Centrifuge (CF-02)

Tabel 3.39 Neraca Panas *Centrifuge* (CF-02)

Komponen	Energi Masuk (kJ/hr)	Energi Keluar (Kj/hr)
Q in	74641,1798	0
Q out atas	0	13861,9798
Q out bawah	0	60779,2000
Total	74641,1798	74641,1798

m. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.40 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Energi Masuk (kJ/hr)	Energi Keluar (Kj/hr)
Q in	189865,6493	0
Q out atas	0	263859,7954
Q out bawah	0	217525,5396
Q udara	1097648,8606	806129,1749
Total	1287514,5098	1287514,5098

n. Rotary Dryer (RD-02)

Tabel 3.41 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-02)

Komponen	Energi Masuk (kJ/hr)	Energi Keluar (Kj/hr)
Q in	31097,8304	0
Q out atas	0	211087,8363
Q out bawah	0	26167,2966
Q udara	776236,8693	570079,5668
Total	807334,6997	807334,6997

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer adalah hal utama yang dipertimbangkan secara langsung saat menentukan lokasi pabrik. Berikut adalah faktor-faktor utama yang memengaruhi keberhasilan jangka panjang pabrik tersebut:

1. Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, Pabrik Trisodium Fosfat yang bahan baku utamanya asam fosfat, sodium karbonat dan sodium oksida yang direncanakan akan berdiri di Gresik sebagai lokasi pabrik. Pengiriman bahan baku asam fosfat (H_3PO_4) dan sodium karbonat (Na_2CO_3) dari PT Petrokimia, Gresik. Untuk kebutuhan sodium oksida ($NaOH$) sebagai bahan baku pabrik ini didapatkan dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon.

2. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik yang berdekatan dengan kawasan industri menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik ini. Gresik merupakan lokasi yang strategis dalam pemasaran produk karena berada dalam kawasan industri besar di Indonesia.

3. Utilitas

Utilitas merupakan faktor penunjang dalam pendirian pabrik. Utilitas dan sarana pendukung lainnya mudah didapatkan di kota Gresik, karena Gresik merupakan Kawasan Industri. Kebutuhan air diambil dari Sungai Lamong. Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PT Perusahaan Listrik Negara (PT.PLN).

4. Transportasi

Sarana transportasi berkaitan dengan pengangkutan bahan baku dan pengiriman produk. Gresik merupakan lokasi yang strategis berdekatan dengan Tol Trans-Jawa, dan Pelabuhan JIPE, Manyar, Gresik.

5. Tenaga Kerja

Pada lokasi pabrik ini terdapat di kota yang merupakan daerah industri di Indonesia, sehingga ketersediaan tenaga kerja industri memadai dari segi fisik maupun dengan latar belakang pendidikan.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan aspek yang berpengaruh pada operasional kelancaran pabrik secara tidak langsung. Adapun pertimbangan tersebut meliputi:

1. Perluasan Pabrik

Pada pendirian pabrik hendaknya mempertimbangkan rencana perluasan pabrik untuk beberapa tahun kedepan nya. Saat pemilihan lokasi pendirian pabrik harus daerah yang mempunyai lahan yang luas. Hal ini dilakukan untuk

mengantisipasi peningkatan permintaan produk yang menuntut adanya peningkatan kapasitas produksi dalam pabrik.

2. Perizinan

Perizinan pabrik adalah proses memperoleh izin atau persetujuan dari berbagai otoritas pemerintah untuk mendirikan, mengoperasikan, dan mengelola sebuah pabrik atau fasilitas produksi. Perizinan pabrik mencakup dengan kebijakan pemerintah mengenai: regulasi pendirian bangunan pabrik, peraturan lingkungan AMDAL (analisis dampak lingkungan), dan sertifikat layak operasi (SLO).

3. Kondisi Iklim

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, pada tahun 2023 tercatat bahwa rata-rata suhu di Kabupaten Gresik sebesar 28,29 °C, dengan suhu minimum 22,60 °C. Kelembaban udara rata-rata sebesar 81,13 % dan nilai minimum 55,00 %.

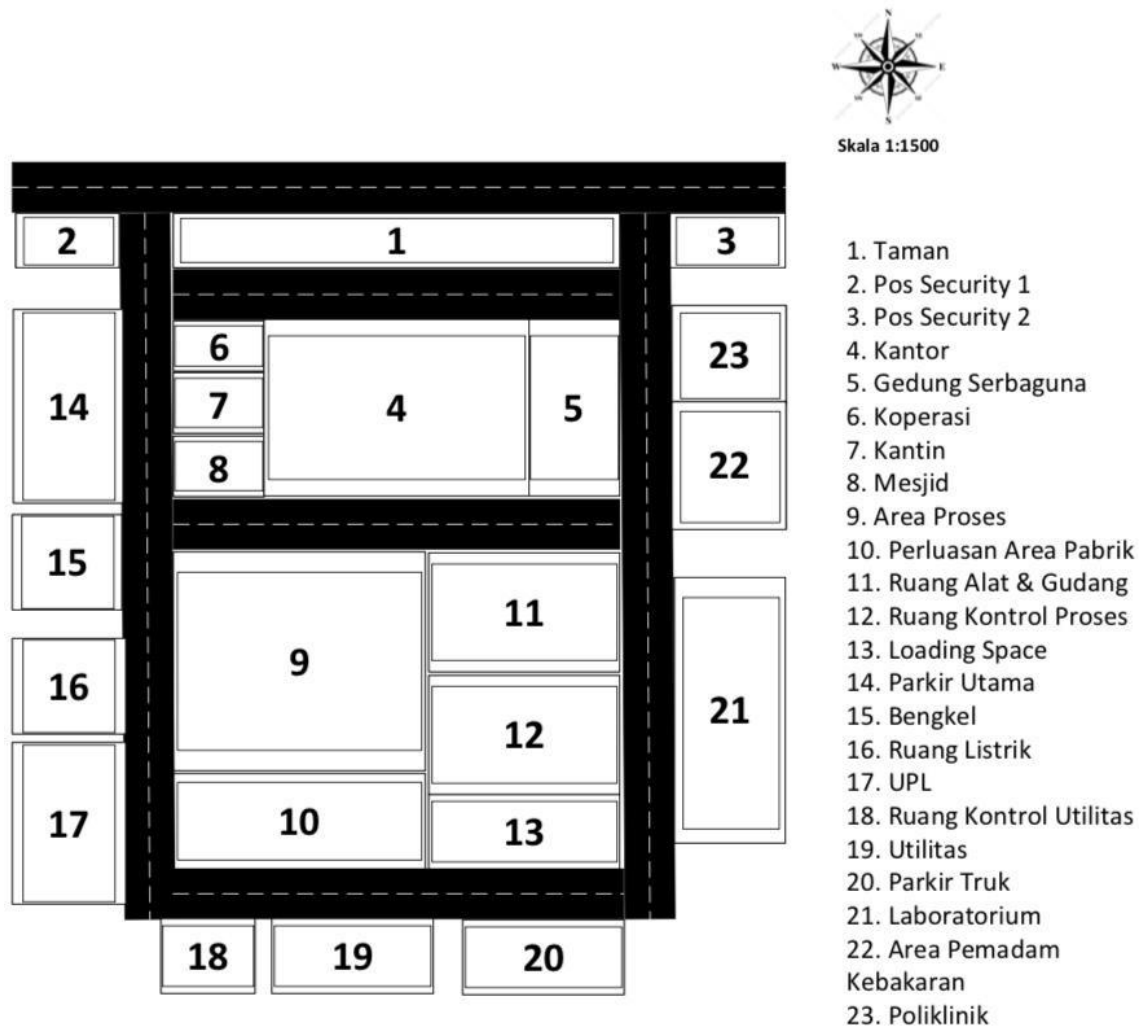
4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan hal pokok yang perlu diperhatikan mencakup manajemen keamanan, kesehatan dan lingkungan. Tata letak pabrik perlu disusun secara efisien sehingga operasional produksi dapat berjalan dengan baik. Selain itu, penyusunan layout yang baik dapat mempermudah akses evakuasi apabila terjadi kondisi darurat. Perlu adanya pemikiran yang tepat mengenai penempatan bahan kimia, penempatan alat proses dan utilitas, perkantoran, klinik kesehatan *fire*

station dan pendukung lainnya. Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik antara lain:

1. Alat proses harus diletakkan pada lokasi yang mudah diakses, efisien serta efektif dalam pendistribusian bahan baku, jauh dari jangkauan perkantoran
2. Bahan baku serta hasil keluaran produk dapat diterima dengan mudah.
3. Kemudahan dalam akses operasional, perawatan, dan perbaikan antar alat proses dengan memberikan jarak antar setiap alat
4. Terdapatnya jalur evakuasi di seluruh area pabrik sehingga menciptakan upaya mitigasi bencana. Jalur evakuasi dapat berupa simbol darurat, tangga darurat, APAR, *hydrant*.

Tata letak pabrik terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu: area perkantoran, area produksi, area utilitas. Area perkantoran terdiri dari kantor utama, klinik, kantin, tempat ibadah, laboratorium, *control room*. Area produksi terdiri dari area unit proses dan area penyimpanan bahan baku. Area utilitas terdiri dari unit pengolahan air, steam, listrik, udara tekan, bahan bakar dan limbah.



Gambar 4.2 *Layout* Keseluruhan Pabrik

4.3 Tata Letak Unit Proses (*Process Layout*)

Tata letak alat unit proses harus memiliki letak yang strategis agar memudahkan proses yang berjalan secara aman dan efisien. Faktor-faktor utama yang perlu diperhatikan dalam merancang tata letak unit proses adalah:

1. Aliran bahan baku dan produk

Memberikan jarak yang cukup agar alat pada unit proses berjalan dengan baik dan utilitas terdistribusi dengan mudah. Tata letak bahan baku diletakkan dekat dengan jalur transportasi agar sirkulasi kendaraan pengangkut bahan dapat meletakkan bahan yang masuk dengan mudah.

2. Aliran udara

Aliran udara didalam area proses perlu diperhatikan kelancarannya bertujuan untuk mengurangi risiko kontaminasi zat kimia yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Sirkulasi yang baik dapat mencegah terjadinya zona mati (*dead zones*) di mana udara tidak bergerak. Hal ini penting untuk menjaga kualitas udara dan memastikan distribusi suhu yang merata di seluruh pabrik.

3. Pencahayaan

Penerangan yang memadai memungkinkan pekerja untuk melihat dengan jelas area proses, peralatan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dampak terjadinya kecelakaan dalam pabrik akibat pencahayaan yang minim.

4. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat proses dalam pabrik merupakan faktor penting yang memengaruhi efisiensi operasional, keselamatan, dan aliran material. Alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi perlu ditempatkan di lokasi khusus yang

terpisah dari alat proses lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat proses yang lain.

5. Ekonomi

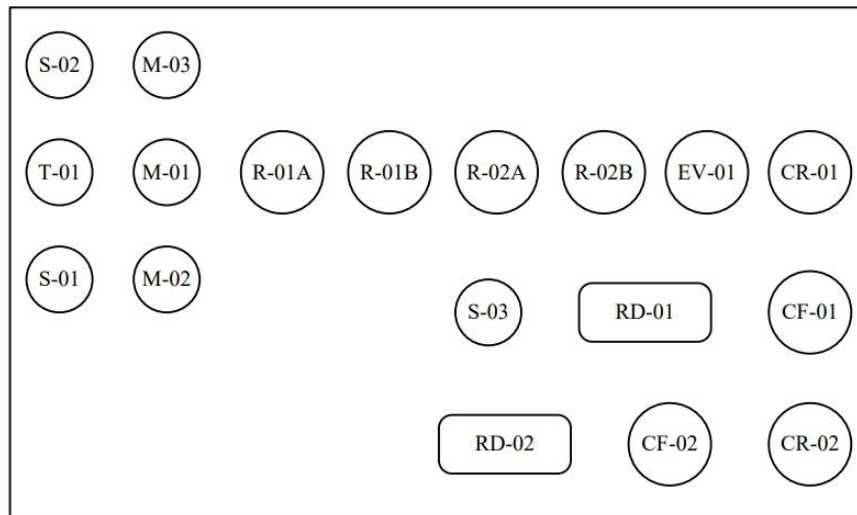
Penempatan tata letak alat proses yang optimum diharapkan agar dapat menekan biaya operasional dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. *Maintenance*

Pemeliharaan pabrik (*maintenance*) adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk menjaga dan memastikan bahwa peralatan, mesin, dan fasilitas di pabrik tetap beroperasi dengan baik, aman, serta efisien. Pemeliharaan ini sangat penting untuk mengurangi *downtime* (waktu tidak beroperasi, meningkatkan kinerja mesin dan peralatan, dan mengurangi biaya perbaikan.

Pemeliharaan dibedakan menjadi dua istilah yaitu: pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) adalah tindakan pemeliharaan rutin dan berkala untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi. Pemeliharaan preventif didasarkan pada jadwal atau interval waktu tertentu. Contoh dari pemeliharaan preventif antara lain: pembongkaran alat pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak. Sedangkan pemeliharaan rutin (*routine maintenance*) seperti penjadwalan *shutdown* (dilakukan 1x1 tahun dan pembersihan tangki atau *heat exchanger*).

Perencanaan tata letak unit proses (*proses layout*) pabrik trisodium fosfat dengan kapasitas 12.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 4.3 Tata Letak Unit Proses dan Penyimpanan

Keterangan :

T : Tangki

S : Silo

M : Mixer

R : Reaktor

EV : Evaporator

CR : *Crystallizer*

RD : Rotary Dryer

CF : *Centrifuge*

4.3.1 Perincian Luas Tanah

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah

No.	Lokasi	Bangunan			Tanah		
		Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Taman	20	15	300	23	18	414
2.	Pos Security 1	3	3	9	6	6	36
3.	Pos Security 2	3	3	9	6	6	36
4.	Perkantoran	30	20	600	33	23	759
5.	Gedung Serbaguna	25	18	450	28	21	588
6.	Koperasi	6	5	30	9	8	72
7.	Kantin	8	8	64	11	11	121
8.	Masjid	10	8	80	13	11	143
9.	Area Proses	70	50	3500	73	53	3869
10.	Perluasan Area Pabrik	30	50	1500	33	53	1749
11.	Ruang Alat dan Gudang	13	13	169	16	16	256
12.	Ruang Control Proses	12	12	144	15	15	225
13.	<i>Loading Space</i>	30	40	1200	33	43	1419

Lanjutan Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah

14.	Parkir Utama	20	15	300	23	18	414
15.	Bengkel	10	15	150	13	18	234
16.	Ruang Panel Listrik	12	12	144	15	15	225
17.	Unit Pengolahan Limbah	30	20	600	33	23	759
18.	Ruang Control Utilitas	12	12	144	15	15	225
19.	Utilitas	30	40	1200	33	43	1419
20.	Parkir Truck	15	20	300	18	23	414
21.	Laboratorium	12	12	144	15	15	225
22.	Area Pemadam Kebakaran	8	15	120	11	18	198
23.	Poliklinik	8	8	64	11	11	121
Total Luas Bangunan		417	414	11221	-	-	-
Total Harga		23.300.000.000			23.300.000.000		
Total Luas Tanah		-	-	-	486	483	13921

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik trisodium fosfat berbahan baku asam fosfat, sodium karbonat dan sodium hidroksida akan didirikan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.40 Tahun 2007 Pasal 1 ayat 1, tentang Perseroan Terbatas, yang selanjutnya disebut Perseroaan adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam undang-undang.

Alasan yang mendasari pemilihan bentuk perusahaan berupa Perseroaan Terbatas adalah:

1. Mudah untuk mendapatkan tambahan modal.
2. Kepemilikannya tidak digantungkan pada orang perorangan tertentu
3. Didirikan berdasarkan perjanjian.
4. Mudah mendapatkan kredit dari bank
5. Mudah bergerak di pasar modal
6. Lapangan usaha lebih luas
7. Memiliki sistem manajemen yang lebih efisien
8. Badan usaha yang memiliki kekayaan sendiri dimana terpisah dari kekayaan pribadi seseorang

4.5 Struktur Organisasi

Struktur organisasi pada hakikatnya adalah suatu cara untuk menata unsur-unsur dalam organisasi dengan sebaik-baiknya, demi mencapai berbagai tujuan yang telah ditetapkan (Kusdi, 2009). Oleh karena itu, pentingnya sebuah struktur organisasi akan membantu manajer dari hasil keputusan dalam mendesain organisasi sebagai cara mengidentifikasi dari pengelolaan sumber daya manusia dan segala fungsi-fungsi yang ada untuk penyelesaian pekerjaan perusahaan dengan pedoman visi, misi dan tujuan organisasi.

Untuk mendapatkan struktur organisasi yang baik didasarkan dari pedoman berikut:

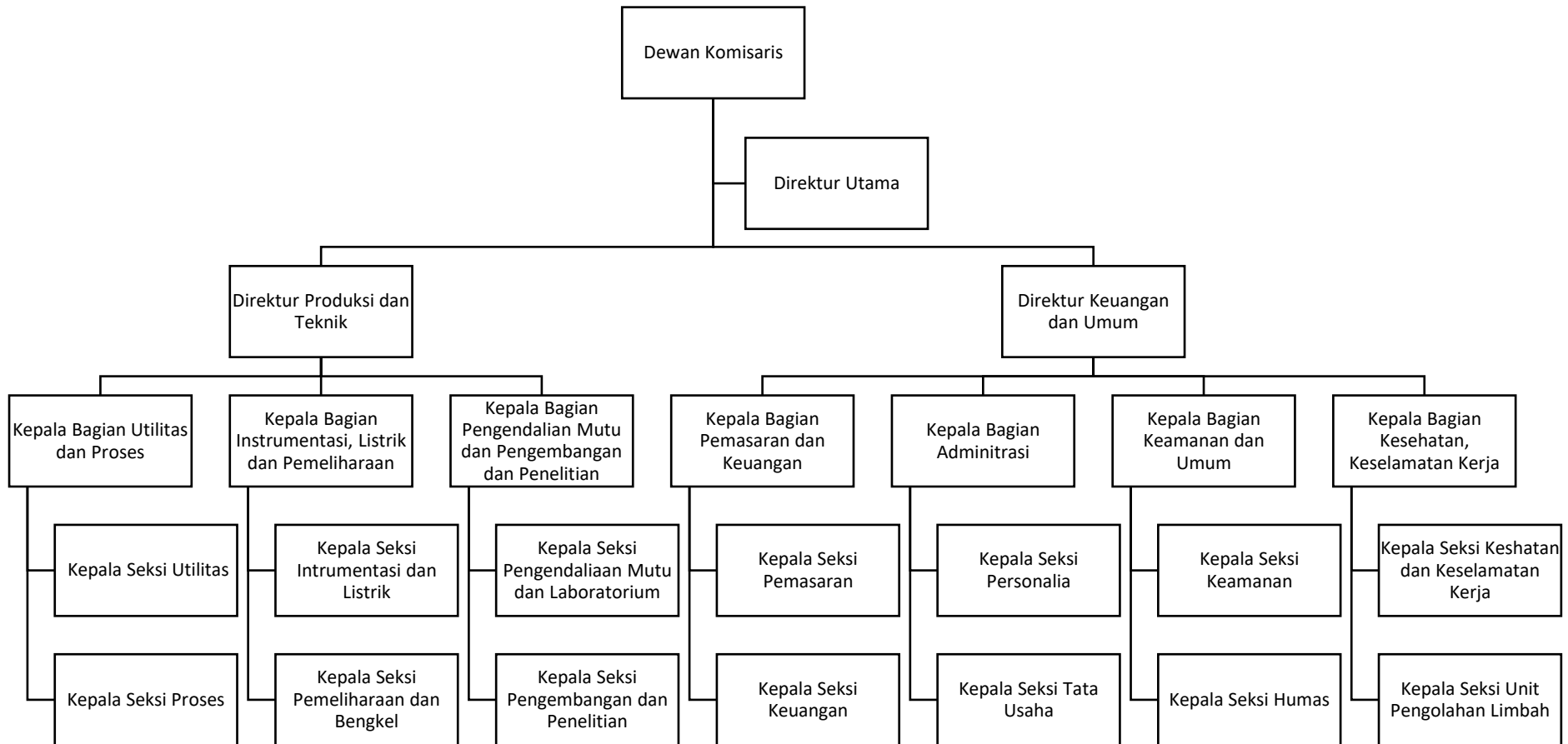
1. Tujuan yang rasional
2. Kesatuan antara tanggung jawab dan wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Struktur organisasi yang diterapkan pada pabrik ini adalah *line and staff*. Pada sistem ini, setiap bawahan memiliki tanggung jawab kepada atasannya, dan setiap atasan hanya memiliki satu garis komando pada bawahannya. Terdapat dua pembagian kelompok utama dalam sistem organisasi ini, yaitu:

1. Garis (*line*) sebagai orang-orang yang melaksanakan tugas pokok dalam organisasi.

2. Staff sebagai orang-orang melaksanakan tugas sesuai bidang keahliannya dan memberikan bantuan ataupun saran kepada pimpinan.

Pengurus utama dalam perusahaan terdiri dari: pemegang saham, dewan komisaris, direktur utama, dan karyawan. Dalam pelaksanaan tugas sehari-hari, direktur utama membawahi dewan komisaris. Dewan komisaris bertanggung jawab pada direksi. Manager akan membawahi beberapa kepala divisi di perusahaan. Kepala divisi akan membawahi karyawan masing-masing setiap divisinya. Struktur organisasi pabrik trisodium ini ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Trisodium Fosfat

4.5.1 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Kekuasaan tertinggi dalam Perseroan Terbatas (PT) merupakan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pemegang saham sebagai pihak yang bertugas mengumpulkan modal untuk mendirikan dan mengoperasikan sebuah perusahaan. Pemegang saham mempunyai wewenang yaitu:

- a. Menetapkan kebijaksanaan umum perseroan,
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direksi dan Komisaris
- c. Mengesahkan laporan tahunan dari Direksi dan Komisaris.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pihak yang melaksanakan tugas harian dari pemegang saham, dalam artian pihak yang bertanggung jawab langsung kepada para pemegang saham. Berikut ini tugas dari dewan komisaris:

- a. Menyetujui perencanaan dan pencapaian kinerja berdasarkan target perusahaan yang tertuang dalam Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) dan Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP)
- b. Mengawasi pelaksanaan tugas Direksi
- c. Membantu Direksi dalam menjalankan tugas penting Perusahaan

3. Direktur Utama

Direktur Utama adalah pihak teratas yang memiliki peran terhadap perkembangan dan stabilitas perusahaan, serta berkewajiban melapor kepada Dewan Komisaris. Adapun tugas Direktur Utama sebagai berikut:

- a. Menjalankan kebijakan perusahaan yang telah berkoordinasi dengan setiap direktur
- b. Mengangkat dan memberhentikan manager atas dasar persetujuan umum pada rapat RUPS
- c. Memastikan manajemen perusahaan berjalan selaras sesuai visi dan misi Perusahaan
- d. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Produksi dan Teknik serta Administrasi, Umum dan Keuangan.

4. Direktur

Direktur utama dibantu oleh dua orang direktur lain dalam pelaksanaan tugasnya:

I. Direktur Produksi dan Teknik

Tugas dari Direktur Produksi dan Teknik yaitu

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama berkaitan dengan manajemen produksi dan Teknik
- b. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

II. Direktur Umum dan Keuangan

Tugas dari Direktur Umum dan Keuangan antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang pemasaran, keuangan, dan pelayanan umum.
- b. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

5. Kepala Bagian

Kepala Bagian bertugas untuk mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian dapat juga bertindak sebagai Staf Direktur. Dalam pelaksanaannya Kepala Bagian mengawasi dan mengkoordinir kepala seksi bidang terkait dimana kepala seksibidang membawahi karyawan bidang.

Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Utilitas dan Proses

Tugas Kepala Bagian Utilitas dan Proses adalah mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses, dan Seksi Utilitas.

2. Kepala Bagian Instrumentasi, Listrik dan Pemeliharaan

Tugas Kepala Bagian Instrumentasi, Listrik dan Pemeliharaan adalah mengatur dan menjaga jumlah pasokan listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan pemeliharaan dan uji kelayakan terhadap setiap instrumen dalam area pabrik. Kepala Bagian Instrumentasi, Listrik dan Pemeliharaan membawahi Seksi Instrumentasi dan Listrik serta Seksi Pemeliharaan dan Bengkel.

3. Kepala Bagian Pengendalian Mutu dan Pengembangan dan Penelitian

Kepala Bagian Pengendalian Mutu dan Pengembangan dan Penelitian bertugas untuk melakukan perhitungan tentang kebutuhan dan pengolahan energi dalam pabrik. Selain itu melakukan penelitian untuk mengembangkan kuantitas dan kualitas produksi pabrik dan secara rutin. Kepala Bagian Pengendalian Mutu dan Pengembangan dan Penelitian membawahi Seksi Pengendalian Mutu dan Laboratorium serta Seksi Pengembangan dan Penelitian.

4. Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan

Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan bertugas menyusun strategi dan melakukan pemasaran hasil produksi, mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan membawahi Seksi Pemasaran dan Seksi Keuangan.

5. Kepala Bagian Administrasi

Kepala Bagian Administrasi disini membawahi Seksi Personalia, dan Seksi Tata Usaha. Kepala Bagian Administrasi bertugas mulai dari recruitmen pegawai, jenjang karier, menjaga kualitas sumber daya manusia dalam perusahaan melalui pelatihan kerja sehingga tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai. Selain itu bagian ini memiliki tanggung jawab ketatausahaan serta mengatur aliran informasi teknologi.

6. Kepala Kepala Bagian Keamanan dan Umum

Kepala Bagian Keamanan dan Umum bertugas untuk menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain-lain. Kepala Bagian Keamanan dan Umum membawahi Seksi Keamanan dan Seksi Umum.

7. Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja

Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja bertugas membuat kebijakan terkait kesehatan, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta pengolahan limbah agar aman dibuang ke lingkungan. Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja membawahi Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta Seksi Pengolahan Limbah.

4.7.2 Pembagian Jam Kerja

Proses produksi pabrik *trisodium fosfat* direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari selama 330 hari dalam 1 tahun. Sisa hari tiap tahunnya dilakukan perawatan maupun perbaikan pada alat. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan dibagi menjadi dua kelompok sebagai berikut:

1. Karyawan *Shift*

Adalah karyawan yang menangani langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan langsung dengan produksi. Para karyawan bekerja secara *shift* sesuai jadwal masing-masing. Dalam pabrik ini, terdapat tiga *shift* dengan pembagian setiap *shift* antara lain:

- a. *Shift* I : 08.00 – 17.00 WIB (Pagi)
- b. *Shift* II : 17.00 – 00.00 WIB (Sore)
- c. *Shift* III : 00.00 – 08.00 WIB (Malam)
- d. Istirahat : 12.00-13.00

Karyawan *shift* dibagi menjadi 4 kelompok dengan 3 kelompok bekerja dalam 1 hari dan 1 kelompok lain libur, dilakukan secara bergantian sehingga setiap kelompok mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur. Untuk hari libur nasional, kelompok yang bertugas akan tetap masuk dan diperhitungkan sebagai kerja lembur. Berikut ini merupakan jadwal kerja karyawan *shift* yang diikuti selama 28 hari kerja di pabrik ini.

Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

<i>Shift</i>	Hari													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L
B	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P
C	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S
D	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M
<i>Shift</i>	Hari													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
A	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S
B	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M
C	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L
D	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P	L	M	S	P

Keterangan:

P : *Shift* Pagi (08.00 - 17.00)

S : *Shift* Sore (17.00 - 00.00)

M : *Shift* Malam (00.00 - 08.00)

Sedangkan pembagian kerja khusus staff keamanan (*security*) dibagi menjadi 3 kelompok yaitu terdapat 2 kelompok yang bekerja dan 1 kelompok istirahat. Pengaturan jam kerja *security* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Daftar Pembagian *Shift Security*

<i>Shift</i>	Hari													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L
II	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
III	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M
<i>Shift</i>	Hari													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
I	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
II	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M
III	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L

Keterangan:

P : *Shift* Pagi (06.00 – 18.00)M : *Shift* Malam (18.00 - 06.00)

L : Libur

2. Karyawan Non-*shift* (harian)

Adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan non-*shift* terdiri dari dewan komisaris, direktur utama, jajaran direktur, manager departemen, kepala bagian, dan *staff*. Karyawan non-*shift* bekerja selama 5 hari pada jam kerja yaitu:

- a. Senin – Kamis : 08.00 -17.00 (jam istirahat 12.00-13.00)
- b. Jumat : 08.00 – 17.00 (jam istirahat 11.30-13.30)
- c. Sabtu – Minggu : Libur

Jadwal untuk tiap bulan menyesuaikan urutan pada jadwal diatas. Perubahan shift dan kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan mendesak atas persetujuan dari Kepala Divisi. Kelancaran produksi dari suatu pabrik dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawan nya, karena secara tidak langsung akan mempengaruhi jalannya perkembangan dan kemajuan perusahaan, untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan diberlakukan absensi harian. Disamping aspek kedisiplinan, akan digunakan juga oleh Pimpinan perusahaan sebagai dasar pertimbangan dalam pengembangan karir pada karyawan perusahaan.

4.7.3 Penggolongan Gaji Karyawan

Pembayaran gaji jajaran direksi dan karyawan dibayarkan setiap tanggal 25. Jika apabila tanggal tersebut merupakan hari libur nasional, maka pembayaran gaji dilakukan satu hari sebelumnya.

1. Gaji Bulanan

Merupakan gaji yang dibayarkan setiap akhir bulan.

2. Gaji Harian

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian. Besaran gaji yang diberikan kepada buruh harian berdasarkan dengan peraturan perusahaan dan kesepakatan bersama.

3. Gaji Lembur

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan melebihi jam kerja yang sudah ditetapkan. Besaran gaji lembur yang akan diberikan sesuai dengan peraturan perusahaan.

Berdasarkan data, Upah Minimum Kota (UMK) pada lokasi pendirian pabrik yaitu: Kecamatan Benjing, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur adalah sebesar Rp 4.642.031,00 per Juli 2024. Sedangkan pendirian pabrik direncanakan pada tahun 2030. Untuk mengetahui perkiraan upah minimum regional kota Gresik pada tahun 2030 dihitung dengan menggunakan metode regresi linear. Hasil persamaan dengan metode regresi linear didapatkan sebesar Rp 5.687.128,00 pada tahun 2030.

Tabel 4.4 Daftar Penggolongan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1.	Direktur Utama	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
2.	Direktur Produksi dan Teknik	1	Rp28.000.000	Rp28.000.000	Rp336.000.000
3.	Sekretaris	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
4.	Direktur Keuangan	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
5.	Ka. Bag. Proses	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
6.	Ka. Bag. Instrumentasi	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
7.	Ka. Bag. Pengendalian Mutu	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
8.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
9.	Ka. Bag. Administrasi	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
10.	Ka. Bag. Keamanan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
11.	Ka. Bag. Kesehatan K3	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
12.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
13.	Ka. Sek. Proses	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
14.	Ka. Sek. Instrumentasi	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000

Lanjutan Tabel 4.4 Daftar Penggolongan Gaji Karyawan

15.	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
16.	Ka. Sek. Pengendalian Mutu	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
17.	Ka. Sek. Pengembangan	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
18.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
19.	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
20.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
21.	Ka. Sek. Personalia	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
22.	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
23.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
24.	Ka. Sek. Kesehatan (K3)	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
25.	Ka. Sek. Pengolahan Limbah	1	Rp11.500.000	Rp11.500.000	Rp138.000.000
26.	Karyawan Proses	4	Rp9.000.000	Rp36.000.000	Rp432.000.000
27.	Karyawan Utilitas	4	Rp8.500.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000

Lanjutan Tabel 4.4 Daftar Penggolongan Gaji Karyawan

28.	Karyawan Instrumentasi	4	Rp8.500.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
29.	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp8.500.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
30.	Karyawan Pengendalian	8	Rp8.500.000	Rp68.000.000	Rp816.000.000
31.	Karyawan Pengembangan	8	Rp8.500.000	Rp68.000.000	Rp816.000.000
32.	Karyawan Pemasaran	8	Rp8.500.000	Rp68.000.000	Rp816.000.000
33.	Karyawan Keuangan	4	Rp8.500.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
34.	Karyawan Personalia	4	Rp8.500.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
35.	Karyawan TU	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
36.	Karyawan Keamanan	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
37.	Karyawan Humas	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
38.	Karyawan UPL	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000	Rp336.000.000
39.	Operator	36	Rp7.000.000	Rp252.000.000	Rp3.024.000.000
40.	Dokter	2	Rp8.500.000	Rp17.000.000	Rp204.000.000
41.	Perawat	2	Rp6.500.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
42.	Sopir	3	Rp5.700.000	Rp17.100.000	Rp205.200.000
43.	Cleaning Service	6	Rp5.700.000	Rp34.200.000	Rp410.400.000
44.	Satpam	6	Rp5.700.000	Rp34.200.000	Rp410.400.000
TOTAL		147	Rp499.100.000,00	Rp1.265.500.000,00	Rp15.186.000.000,00

4.7.4 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Operator

Jumlah operator dihitung berdasarkan estimasi kebutuhan operator untuk setiap alat yang diperoleh dari Tabel 6.2 buku “*A Guide to Chemical Engineering Proses Design and Economics*” (Ulrich,1984). Penentuan jumlah operator tersaji pada tabel berikut: Tabel 4.5 Jumlah Operator Proses

No.	Alat	Jumlah	Jumlah	Jumlah
		(unit)	(operator/unit/shift)	(operator/shift)
1.	Reaktor Batch	4	0,5	2
2.	Tangki	1	0,1	0,1
3.	Rotary Dryer	2	0,5	1
4.	Centrifuge	2	0,25	0,5
5.	Crystallizer	2	0,15	0,3
6.	Mixer	3	0,3	0,9
7.	Evaporator	1	0,3	0,3
8.	Silo	3	0,1	0,3
Total				5,4

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas, diperoleh kebutuhan operator proses sebanyak 6 orang/*shift*, dengan jumlah 4 *shift*. Maka jumlah total operator proses adalah 24 orang. Sedangkan untuk perhitungan kebutuhan operator utilitas, sebesar 12 orang/*shift*.

Total keseluruhan operator proses dan utilitas adalah 36 orang/*shift*. Total gaji untuk operator proses dan utilitas adalah Rp 252.000.000,00 per/bulan. Sedangkan untuk total gaji operator selama setahun adalah sebesar Rp3.024.000.000,00.

4.7.5 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keluarganya, perusahaan mempunyai beberapa fasilitas penunjang sebagai berikut:

1. Fasilitas Kesehatan

Perusahaan menyediakan poliklinik didalam area pabrik sebagai upaya pertolongan pertama selama jam kerja. Selain itu, untuk mengatasi kecelakaan kerja yang menimpa para karyawan, Perusahaan memiliki rumah sakit rujukan terdekat yang menjalin kerja sama. Biaya pengobatan untuk karyawan yang mengalami cedera akibat kecelakaan kerja ditanggung sesuai hukum yang berlaku.

2. Fasilitas Asuransi

Perusahaan memberikan asuransi berupa jaminan sosial dan kesehatan (JAMSOSTEK) kepada karyawan untuk mengantisipasi jika hal-hal yang tidak diinginkan. Asuransi juga berlaku bagi keluarga karyawan meliputi istri dan 2 anak.

3. Fasilitas Pendidikan

Perusahaan menawarkan program pengembangan tenaga kerja manusia melalui pelatihan, pembinaan untuk memberikan kesempatan belajar serta berkembang kepada karyawan sesuai potensi masing-masing.

4. Fasilitas Transportasi

Perusahaan menyediakan fasilitas transportasi berupa mobil dan sopir untuk kebutuhan operasional, maupun transportasi bus antar jemput karyawan *shift*.

5. Fasilitas Ibadah

Perusahaan memberikan fasilitas tempat ibadah seperti mushola di area pabrik yang dapat dipergunakan untuk karyawan muslim.

6. Fasilitas Koperasi

Perusahaan menyediakan koperasi karyawan (KOPKAR) bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan pemenuhan kebutuhan sehari-hari dengan harga murah.

7. Fasilitas Kantin

Perusahaan memberikan fasilitas kantin untuk memenuhi kebutuhan konsumsi karyawan selama bekerja. Perusahaan menanggung makan siang karyawan setiap harinya, dengan menu yang berganti-ganti dan tetap sehat dan terjamin higienis.

8. Fasilitas Keselamatan Kerja

Perusahaan menyediakan alat pelindung diri sehingga keselamatan karyawan tetap terjaga. Alat pelindung yang disediakan antara lain: *safety helm*, *safety shoes*, *goggles*, *gloves*, masker dan *respirator*.

9. Fasilitas Cuti

Perusahaan memberikan kesempatan kepada karyawan untuk mengajukan cuti sesuai dengan waktu yang ditentukan. Berikut ini adalah rincian kesempatan cuti karyawan:

a. Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 15 hari kerja dalam 1 tahun. Kesempatan cuti tahunan hanya berlaku kepada karyawan dengan masa kerja minimal 1 tahun.

b. Cuti Sakit

Diberikan kepada karyawan yang sakit, baik akibat kecelakaan kerja ataupun non-kecelakaan kerja. Cuti sakit hanya diperbolehkan apabila disertai dengan surat keterangan sakit dari dokter.

c. Cuti Melahirkan

Diberikan kepada karyawan perempuan selama 4 bulan tanpa kehilangan hak atas gaji, dan laki-laki diberikan hak cuti selama 7 hari paska kelahiran tanpa dikenakan potongan gaji.

10. Fasilitas Tunjangan lain

Perusahaan juga memberikan fasilitas tunjangan karyawan dalam bentuk sebagai berikut:

- a. Tunjangan Hari Raya (THR) bagi seluruh karyawan
- b. Bonus tahunan apabila kapasitas produksi melampau target
- c. Tunjangan melahirkan
- d. Tunjangan hari tua
- e. Tunjangan perjalanan dinas
- f. Tunjangan kematian
- g. Pakaian kerja yang diberikan kepada karyawan sebanyak 3 pasang seragam harian dan 1 pasang *wearpack* bagi karyawan yang bekerja di area proses produksi, dan utilitas.

4.7.6 Rincian Penggolongan Jabatan

Penggolongan jabatan di suatu pabrik biasanya dibagi berdasarkan tanggung jawab, keterampilan, dan latar belakang pendidikan terakhir. Berikut merupakan rincian penggolongan jabatan:

Tabel 4.6 Daftar Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Pendidikan
1.	Direktur Utama	S-2
2.	Direktur	S-2
3.	Kepala Bagian	S-1
4.	Kepala Seksi	S-1
5.	Sekretaris	S-1
6.	Dokter	S-1
7.	Perawat	S-1
8.	Kepala Keamanan	S-1
9.	Karyawan dan Operator	S-1
10.	Sopir	SMA/SMK
11.	Cleaning Service	SMA/SMK
12.	Satpam	SMA/SMK/SLTA

BAB V

UTILITAS

Unit Utilitas merupakan unit penunjang operasional pabrik, yang berfungsi menyediakan kebutuhan bahan pendukung di Pabrik Trisodium Fosfat dari Asam Fosfat, Sodium Karbonat dan Sodium Hidroksida. Unit utilitas terbagi menjadi beberapa unit, yaitu:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Treatment System*)

5.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam berlangsungnya proses produksi dalam pabrik. Umumnya, untuk memenuhi air suatu pabrik menggunakan berbagai pilihan diantaranya adalah air sumur, air sungai, air danau maupun air laut.

Air yang digunakan dalam perancangan pabrik trisodium fosfat ini, bersumber dari air Sungai Lamong. Adapun pertimbangan dari penggunaan air sungai sebagai berikut:

- a. Air sungai merupakan sumber air dengan kontinuitas relatif tinggi, sehingga meminimalisir kekurangan pasokan air.
- b. Pengelolaan air sungai lebih mudah, sederhana, biaya murah dibandingkan dengan pengolahan air laut lebih rumit, serta membutuhkan alat yang lebih mahal.
- c. Umumnya jumlah air sungai lebih banyak daripada jumlah air sumur
- d. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik

Kebutuhan dari unit penyediaan air dimanfaatkan untuk air proses, air umpan boiler (*steam*), air sanitasi (*domestik*), air pendingin, dan air *service water*.

a.) Air Kebutuhan Proses

Ada beberapa hal yang diperhatikan dalam air proses, sebagai berikut:

- Kesadahan (*Hardness*) dapat menyebabkan kerak
- Besi dapat menimbulkan korosi
- Minyak dapat menyebabkan terbentuknya lapisan film yang mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air Proses (kg/jam)
1.	Mixer	M-01	677,8937
2.		M-02	2658,5018
3.		M-03	388,9991
TOTAL (kg/jam)			3725,3946

$$\begin{aligned}
 \text{Perancangan dibuat overdesign}(20\%) &= 1,2x \text{ total seluruh air proses} \\
 &= 1,2x 3725,3946 \\
 &= 4470,473 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

b.) Air Umpan Boiler (*Steam*)

Ada beberapa hal yang diperhatikan dalam air proses, sebagai berikut:

- Tidak boleh terdapat zat yang membentuk kerak dalam boiler
- Tidak ada buih yang terbentuk adanya solid matter; suspended water dan basa yang tinggi
- Tidak boleh terkandung zat yang menyebabkan korosi (karena pH rendah, minyak & lemak, bahan organik, bikarbonat, gas H₂S, O₂, SO₃, CO₂, NH₃ yang terlarut dalam air)

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler (*Steam*)

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air Umpan Boiler (kg/jam)
1.	Heat Exchanger	HE-01	0,5866
2.		HE-02	2,0003
3.		HE-03	0,2922
4.		HE-04	36,4320
5.	Evaporator	EV-01	796,8772
6.	Reaktor	R-01 A	1556,5878
7.		R-01 B	477,2712
TOTAL (kg/jam)			2870,0473

$$\begin{aligned}
 \text{Perancangan dibuat } \textit{overdesign}(20\%) &= 1,2 \times \textit{total seluruh air proses} \\
 &= 1,2 \times 2870,0473 \\
 &= 3444,057 \frac{\textit{kg}}{\textit{jam}}
 \end{aligned}$$

Sebanyak 85% kondensat dari air pembuatan *steam* dapat dimanfaatkan kembali, sehingga air *blowdown* yang diperlukan sebanyak 15%.

$$\begin{aligned}
 \textit{Kebutuhan blowdown} (\%) &= 15 \% \times \textit{total seluruh air steam} \\
 &= 15\% \times 3444,057 \\
 &= 517 \frac{\textit{kg}}{\textit{jam}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam trap (\%)} &= 5 \% \times \text{total seluruh air steam} \\
 &= 5\% \times 3444,057 \\
 &= 172 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan makeup steam (\%)} &= \text{blowdown} + \text{steam trap} \\
 &= 517 + 172 \\
 &= 689 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

c.) Air Pendingin

Ada beberapa hal yang diperhatikan dalam air proses, sebagai berikut:

- Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya temperatur pendinginan

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	Reaktor	R-02 A	2874,4808
2.		R-02 B	881,3554
3.	Crystallizer	CR-01	41,8693
4.		CR-02	4,1869
5.	Cooler	CL-01	446,6193
TOTAL (kg/jam)			4248,5117

Perancangan dibuat overdesign(20%) = 1,2 x total seluruh air pendingin

$$= 1,2 \times 4248,5117$$

$$= 5098,2140 \frac{kg}{jam}$$

d.) Air Sanitasi (*Domestik*)

Air sanitasi yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu, sebagai berikut:

- Syarat fisik, antara lain : Suhu normal dibawah suhu udara luar,
Warna: jernih, tidak berasa, dan tidak berbau
- Syarat kimia, antara lain : Tidak mengandung zat organik maupun anorganik dan tidak beracun
- Syarat bakteriologis, antara lain : Tidak mengandung bakteri patogen seperti *Escherichia coli*; *Salmonella*

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Sanitasi (*Domestik*)

No.	Kebutuhan	Kebutuhan Air Sanitasi (<i>Domestik</i>)
1.	Karyawan	15000
2.	Rumah Tangga	10000
Subtotal (kg/hari)		25000
TOTAL (kg/jam)		1041,6667

e.) *Air Service Water*Tabel 5.5 Kebutuhan Air *Service Water*

No.	Kebutuhan	Kebutuhan Air <i>Service Water</i>
1.	Bengkel	200
2.	Poliklinik	300
3.	Mushola, Kantin	5000
4.	Laboratorium	300
5.	Koperasi	150
6.	Taman	100
7.	Kebutuhan Pemadam	5000
Subtotal (kg/hari)		11050
TOTAL (kg/jam)		460,4167

Tabel 5.6 Total Keseluruhan Kebutuhan Air Pabrik

No.	Rincian	Kebutuhan Air <i>Service Water</i>
1.	Air Proses	4470,4735
2.	Air Umpan Boiler (<i>Steam</i>)	3444,0568
3.	Air Pendingin	5098,2140
4.	Air Sanitasi (<i>Domestik</i>)	1041,6667
5.	Air <i>Service Water</i>	460,4167
TOTAL (kg/jam)		14514,8276

5.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan-tahapan dalam proses pengolahan air sungai adalah sebagai berikut :

1. Penghisapan

Adalah tahap pertama dari pengolahan air, yaitu dilakukan dengan cara mengambil air sungai dengan pompa utilitas kemudian dialirkan menuju alat penyaringan (*screener*).

2. Penyaringan (*Screening*)

Proses screening bertujuan untuk memisahkan partikel padatan kasar seperti ranting dan dedaunan yang terikut oleh air sungai. Sedangkan partikel kecil seperti pasir dan lumpur akan terikut bersama air menuju pengolahan selanjutnya. Pada proses screening tidak terjadi penambahan bahan kimia.

3. Bak Pengendapan Awal

Proses selanjutnya, adalah mengendapkan pasir dan lumpur yang terikut dari penyaringan awal (*screen*).

4. Flokulator

Proses ini bertujuan untuk menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan. Koagulan berfungsi mengikat partikel yang terlarut dalam air dengan bantuan pengadukan partikel kecil tersebut tercampur rata dengan bahan kimia akhirnya saling mengikat

membentuk flok-flok yang lebih besar dan lebih berat yang mudah mengendap. Koagulan yang digunakan tawas /aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

5. Clarifier

Proses ini menggumpalkan dan mengendapkan koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal. *Clarifier* memanfaatkan prinsip gravitasi, di mana partikel-partikel padat (*flok*) yang lebih berat dari air akan mengendap ke dasar tangki, sementara air yang lebih jernih keluar dari bagian atas tangki.

6. Saringan Pasir (*Sand Filter*)

Proses penyaringan partikel-partikel halus dengan metode air dialirkan menggunakan bantuan media penyaring seperti pasir, kerikil, garnet, dan zeolit untuk memastikan air bersih dari zat pengotor.

7. Bak Air Bersih

Air yang telah dilewatkan dari *sand filter*, kemudian ditampung pada bak air bersih. Air ini diolah dan didistribusikan lebih lanjut sehingga dapat dipergunakan sebagai air proses, air umpan boiler (*steam*), air pendingin, air domestik dan air *service water*.

8. Tangki Deklorinasi

Proses ini merupakan pencampuran klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga dengan tujuan untuk membunuh kuman, bakteri, ganggang dan mikroorganisme lain sehingga air aman digunakan dan dikonsumsi.

9. Bak Air Rumah Tangga (*Sanitasi*)

Air yang dilewatkan dari tangki deklorinasi, selanjutnya disimpan dalam bak air rumah tangga. Air ini dikelola untuk menampung air untuk keperluan perkantoran dan rumah tangga.

10. Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Cooling Tower bertujuan untuk mendinginkan air setelah digunakan dari alat proses melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Air pembuangan dari *cooling tower* dikeluarkan untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

Air pendingin memiliki karakteristik khusus seperti:

- tidak mudah korosif,
- tidak menimbulkan kerak,
- tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut dan menempel pada alat *cooling tower*.

11. Penukar Kation (*Cation Exchanger*)

Untuk mengikat logam alkali (mineral) dan mengurangi kesadahan air dan dengan penambahan senyawa NaCl. Proses yang terjadi yaitu pertukaran antara kation Ca, Na dan Mg dengan kation dari resin menjadi ion H⁺ .

12. Penukar Anion (*Anion Exchanger*)

Untuk mengikat ion negatif dalam air yang disebabkan oleh garam-garam anion seperti Cl^- , SO_4^{2-} dan NO_3^- dengan penambahan senyawa NaOH. Proses pengikatan dilakukan oleh resin dengan menukar ion tersebut dengan OH^- .

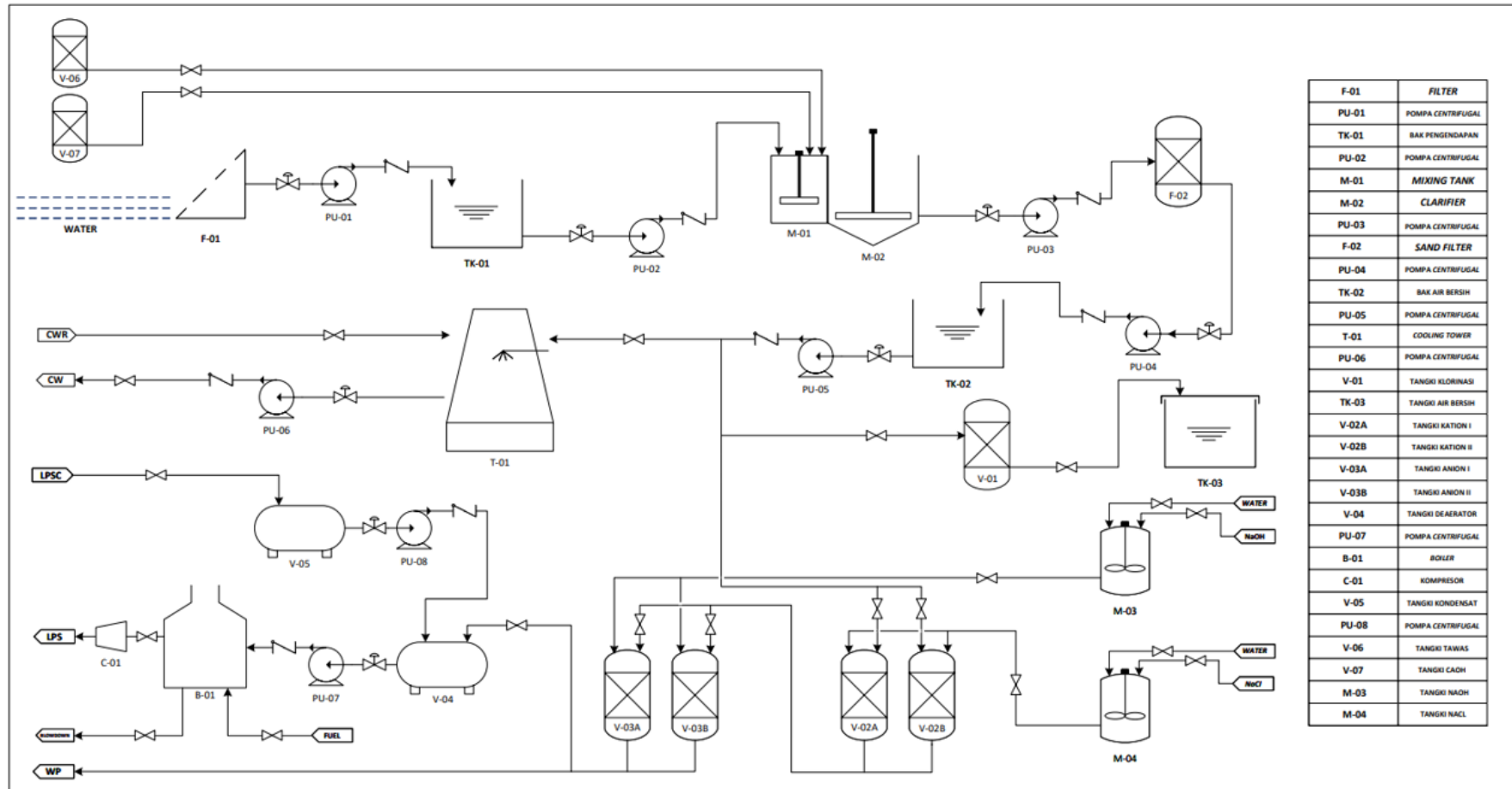
13. Tangki Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air yang keluar dari tangki *penukar anion exchanger* kemudian diumpankan ke tangki umpan boiler. Proses ini dilakukan pada merupakan proses penghilangan gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler yaitu (O_2), dan (CO_2) pada air umpan boiler bisa disebut daerasi. Unit daerator bertugas menginjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_2) bertujuan mengikat gas O_2 . Dengan hilangnya kandungan air di dalam air umpan boiler maka dapat mencegah timbulnya kerak (*scale*) pada bagian tube boiler. Air yang keluar dari daerator dialirkan dengan pompa utilitas ke *boiler*.

14. Boiler

Boiler digunakan membuat saturated steam (*uap*). Boler memiliki peranan penting seperti mengkonversi penggunaan energi panas yang dihasilkan dari bahan bakar fosil, seperti batubara, minyak, untuk menghasilkan tenaga.

Dari tahapan-tahapan diatas dapat dilihat diagram proses utilitas pada Gambar VI.6 berikut.



Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Utilitas

5.3 Unit Pembangkit Steam

Unit pembangkit steam berfungsi sebagai penyedia steam untuk proses pemanasan. Unit ini menggunakan alat pembangkit steam berupa ketel uap (*boiler*) yang berfungsi mengubah air menjadi steam.

Spesifikasi boiler yang digunakan:

Kapasitas	: 0,80 kJ/jam
Jenis	: Boiler Pipa Api (<i>Fire Tube Boiler</i>)
Jumlah	: 1 unit

5.4 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berfungsi sebagai penyedia listrik untuk keperluan menggerakkan alat-alat proses, utilitas, keperluan perkantoran dan instrumentasi dan lain-lain.

- Kebutuhan Listrik Unit Proses

Tabel 5.7 Listrik Unit Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	kW
1.	Reaktor-01A	R-01A	1	0,7457
2.	Reaktor-01B	R-01B	3	2,2371
3.	Reaktor-02A	R-02A	125	93,2125
4.	Reaktor-02B	R-02B	60	44,7420
5.	Mixer-01	M-01	10	7,4570
6.	Mixer-02	M-02	5	3,7285
7.	Mixer-03	M-03	20	14,9140

Lanjutan Tabel 5.7 Listrik Unit Proses

8.	Crystallyzer-01	CR-01	10	7,4570
9.	Crystallyzer-02	CR-02	10	7,4570
10.	Centrifuge-01	CF-01	1,5	1,1186
11.	Centrifuge-02	CF-02	0,75	0,5593
12.	Rotary Dryer-01	RD-01	3,00	2,2371
13.	Blower-01	BL-01	0,083	0,0621
14.	Rotary Dryer-02	RD-02	3,00	2,2371
15.	Blower-02	BL-02	0,05	0,0373
16.	Screw Conveyer-01	SC-01	0,5	0,3729
17.	Screw Conveyer-02	SC-02	0,5	0,3729
18.	Screw Conveyer-03	SC-03	0,5	0,3729
19.	Screw Conveyer-04	SC-04	0,5	0,3729
20.	Screw Conveyer-05	SC-05	0,5	0,3729
21.	Screw Conveyer-06	SC-06	0,5	0,3729
22.	Screw Conveyer-07	SC-07	0,5	0,3729
23.	Screw Conveyer-08	SC-08	0,5	0,3729
24.	Pompa-01	P-01	0,05	0,0373
25.	Pompa-02	P-02	0,05	0,0373
26.	Pompa-03	P-03	0,25	0,1864
27.	Pompa-04	P-04	0,05	0,0373
28.	Pompa-05	P-05	0,05	0,0373
29.	Pompa-06	P-06	0,05	0,0373
30.	Pompa-07	P-07	0,08	0,0621
31.	Pompa-08	P-08	0,05	0,0373
32.	Pompa-09	P-09	0,125	0,0932
33.	Pompa-10	P-10	0,13	0,0932
34.	Pompa-11	P-11	0,50	0,3729
35.	Pompa-12	P-12	0,08	0,0621
36.	Pompa-13	P-13	0,05	0,0373
37.	Pompa-14	P-14	0,05	0,0373
38.	Blower-03	BL-03	10	7,4570
TOTAL			267,95	199,8103

Power yang dibutuhkan = $199,8103 \times 1,1$

= 219,7913 kW

- Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

Tabel 5.8 Listrik Unit Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	kW
1	Tangki Flokulator	M-01	0,13	0,0932
2	<i>Clarifier</i>	M-02	0,33	0,2486
3	Blower	BL-01	0,17	0,1243
4	Tangki NaOH	M-03	40	29,8280
5	Tangki NaCl	M-04	20	14,9140
6	Compressor	C-01	0,17	0,1243
7	Pompa-01	P-01	0,08	0,0621
8	Pompa-02	P-02	0,08	0,0621
9	Pompa-03	P-03	0,08	0,0621
10	Pompa-04	P-04	0,08	0,0621
11	Pompa-05	P-05	0,08	0,0621
12	Pompa-06	P-06	0,05	0,0373
13	Pompa-07	P-07	0,05	0,0373
14	Pompa-08	P-08	0,05	0,0373
TOTAL			61,3583	45,7549

$$\text{Power yang dibutuhkan} = 45,7549 \times 1,1$$

$$= 50,3304 \text{ kW}$$

- Kebutuhan Listrik Penerangan

Listrik yang digunakan untuk Penerangan diperkirakan sebesar 40,518 kW.

- Kebutuhan Listrik Untuk Motor Penggerak

Listrik yang digunakan untuk Motor Penggerak diperkirakan sebesar 245,565 kW.

Dilakukan overdesign 10% maka kebutuhan keseluruhan untuk motor penggerak sebesar 270,122 kW.

- Kebutuhan Listrik untuk Alat Kontrol (*Instrumentasi*)

Listrik untuk instrumentasi diperkirakan sebesar 67,530 kW.

- Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor (Perkantoran)

Listrik untuk perkantoran diperkirakan sebesar 40,518 kW.

- Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar 40,518 kW.

- Kebutuhan Listrik untuk Perumahan

Listrik untuk perumahan diperkirakan sebesar 12 kW.

Tabel 5.9 Total Kebutuhan Listrik

No.	Rincian	Kebutuhan (kW)
1	Unit Proses	219,7913
2	Unit Utilitas	50,3304
3	Alat kontrol	67,5304
4	Penerangan	40,5183
5	Kantor	40,5183
6	Lab, Bengkel	40,5183
7	Perumahan	12
TOTAL		471,2070

$$Power\ yang\ dibutuhkan = 255,2518\ kW$$

Kebutuhan utama listrik di pasok dari PLN setempat yaitu PT. PLN (Persero) Area Kabupaten Gresik, namun pabrik mengantisipasi persediaan tenaga listrik dengan menyediakan generator cadangan yang berfungsi sebagai pembangkit listrik jika sewaktu-waktu terjadi pemadaman listrik dan pasokan dari PLN tidak menyukupi kebutuhan.

Berikut spesifikasi *generator* yang digunakan:

Jenis Generator	: Generator Diesel
Daya Listrik	: 471,2070 kW
Bahan Bakar	: Solar

5.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk penggerak instrumen pengendali. Tekanan udara instrumentasi digunakan adalah 1 bar. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 48,4 m³ /jam.

Udara tekan berasal dari udara lingkungan yang umumnya dilakukan pre-treatment berfungsi menghilangkan zat pengotor dan uap air. Udara tekan yang digunakan harus dalam keadaan bersih.

5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini memiliki tanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar yang digunakan baik pada alat proses, alat penunjang ataupun alat utilitas. Sebagian besar bahan bakar dimanfaatkan untuk pengoperasian pembangkit generator dan boiler. Kebutuhan bahan bakar yang perlu disediakan adalah sebesar 96,2394 Liter/jam dengan jenis bahan bakar yang digunakan adalah *Fuel Oil* (Solar).

Tabel 5.10 Total Kebutuhan Bahan Bakar

No.	Kebutuhan	Jumlah (L/jam)
1.	Solar	148,4302
TOTAL		148,4302

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah pada pabrik trisodium fosfat dikategorikan menjadi:

5.6.1 Limbah Cair

a. Limbah Sanitasi dan Proses

Limbah Sanitasi air buangan yang berasal dari perkantoran, perumahan, kantin, kamar mandi. Pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan aerasi, dan injeksi klorin. Sedangkan limbah proses adalah cairan sisa dari air pada tangki pengendap yang tidak digunakan untuk proses. Limbah cair yang keluar akan ditampung di bak penampung.

5.6.2 Limbah Padat

a. Limbah Kantin dan Perkantoran

Limbah Kantin berupa sampah organik, seperti daun, ranting pohon, sayuran, kulit buah lunak, dan sisa makanan. Sedangkan limbah perkantoran berupa Sampah anorganik, seperti gelas, plastik, logam, dan kertas.

5.6.3 Limbah Gas

a. Limbah Gas

Merupakan gas hasil pembakaran bahan bakar boiler yang berupa gas CO₂, SO₂ dan NO_x. Limbah yang dikelola pada Unit Pengelolaan Limbah (UPL) dapat digunakan kembali pada sistem menjadi sebuah energi sebagai cadangan bahan bakar (gas metana) maupun dijual pada konsumen.

5.9 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendapan Awal

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai.
Jenis	Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang.
Waktu Tinggal	12 jam
Panjang	6,8308 m
Lebar	6,8308 m
Tinggi	3,4154 m
Volume	159,3647 m ³
Harga	21.300 \$

2. Tangki Aluminium Sulfat (Al₂(SO₄)₃)

Tabel 5.12 Spesifikasi Tangki Aluminium Sulfat

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menyimpan larutan aluminium sulfat 5 % untuk 2 minggu operasi.
Jenis	Tangki Silinder
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i>
Tinggi	1,9091 m
Diameter	0,9545 m
Volume	1,1379 m
Harga	10.400\$

3. Tangki Larutan CaOH

Tabel 6.13 Spesifikasi Tangki CaOH

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH 5% untuk 1 minggu operasi.
Jenis	Tangki Silinder
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Tinggi	1,5650 m
Diameter	0,7825 m
Volume	0,7522 m ³
Harga	8.400 \$

4. Tangki Flokulator

Tabel 5.14 Spesifikasi Tangki Flokulator

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i>
Tinggi	1,6903 m
Diameter	1,6903 m
Volume	7,5824 m ³
Jenis impeller	Marine Propeller 3 Blade
Diameter	0,5634 m
Power Motor	0,13 HP
Harga	3.800 \$

5. Clarifier

Tabel 5.15 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis alat	Clarifier/Conical Bottom
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i>
Tinggi	3,6417 m
Diameter	2,2760 m
Volume	37,9118 m ³
Jenis impeller	Marine Propeller 3 Blade
Diameter	1,2139 m
Power Motor	0,33 HP
Harga	3.800 \$

6. Sand Filter

Tabel 5.16 Spesifikasi Sand Filter

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air
Jenis alat	Tangki Silinder
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Ukuran pasir	28 mesh
Volume	1,4617 m ³
Lebar	0,9968 m
Tinggi	1,4299 m
Harga	22.100 \$

7. Bak Penampung Air Bersih

Tabel 5.17 Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menyimpan larutan aluminium sulfat 5 % untuk 2 minggu operasi.
Jenis	Tangki Silinder
Panjang	3,0683 m
Lebar	3,0683 m
Tinggi	1,5341 m
Volume	14,4426 m ³
Harga	10.900 \$

8. Tangki Deklorinasi

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki Deklorinasi

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Tinggi	2,6449 m
Diameter	1,3224 m
Volume	1,8155 m ³
Harga	12.600 \$

9. Tangki Air Bersih Rumah Tangga

Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Air Bersih Rumah Tangga

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Tinggi	3,3764 m
Diameter	3,3764 m
Volume	30,2168 m ³
Harga	7.300 \$

10. Tangki Air Bertekanan

Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Tinggi	2,5720 m
Diameter	2,5720 m
Volume	13,3558 m ³
Harga	4.200 \$

11. Cooling Tower

Tabel 5.21 Spesifikasi Cooling Tower

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Sistem	Kontak langsung dengan udara didalam cooling tower (fan)
Jenis bahan	<i>Induced draft cooling tower</i>
Panjang	0,7826 m
Lebar	0,7826 m
Tinggi	9,3665 m
Kapasitas	5,1350 m ³ /jam
Harga	101.900 \$

12. Blower Cooling Tower

Tabel 5.22 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	Blower Sentrifugal
Bahan kontruksi	<i>Carbon Steel</i>
Efisiensi	80 %
Power	0,17 HP
Harga	10.000 \$

13. Tangki Penukar Kation

Tabel 5.23 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	4477,2738 kg/jam
Diameter	3,2895 m
Tinggi	3,9474 m
Jumlah	2 unit
Harga	27.100 \$

14. Tangki Penukar Anion

Tabel 5.24 Spesifikasi Tangki Penukar Anion

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	4477,2738 kg/jam
Diameter	2,2500 m
Tinggi	2,7000 m
Jumlah	2 unit
Harga	15.100 \$

15. Tangki NaOH

Tabel 5.25 Spesifikasi Tangki NaOH

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion
Jenis	Tangki Silinder Tegak dengan pengaduk
Kapasitas	3584,9948 kg/jam
Diameter	1,7673 m
Tinggi	2,1208 m
Tinggi cairan	1,7673 m
Bahan impeller	<i>Carbon Steel</i>
Jenis impeller	<i>Flat Blade Turbin</i>
Jumlah blade	6 buah
Kecepatan putaran	112,9026 rpm
Diameter impeller	0,5891 m
Power motor	40 HP
Effisiensi motor	80 %
Harga	29.200 \$

16. Tangki NaCl

Tabel 5.26 Spesifikasi Tangki NaCl

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki Silinder Tegak dengan pengaduk
Kapasitas	1147,1983 kg/jam
Diameter	1,2088 m
Tinggi	1,4506 m
Tinggi cairan	1,2088 m
Bahan impeller	<i>Carbon Steel</i>
Jenis impeller	<i>Flat Blade Turbin</i>
Jumlah blade	6 buah
Kecepatan putaran	165,0645 rpm

Lanjutan Tabel 5.26 Spesifikasi Tangki NaCl

Diameter impeller	0,4029	m
Power motor	20	HP
Effisiensi motor	80	%
Harga	21.300	\$

17. Tangki Daerator

Tabel 5.27 Spesifikasi Tangki Daerator

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki Silinder Tegak dengan pengaduk
Kapasitas	4,5096 m ³ /jam
Volume	5,4115 m ³
Diameter	1,9032 m
Tinggi	1,9032 m
Harga	26.900 \$

18. Tangki Kondensat

Tabel 5.28 Spesifikasi Tangki Kondensat

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Kapasitas	4,5096 m ³ /jam
Volume	5,4115 m
Diameter	1,9032 m
Tinggi	1,9032 m
Harga	26.900 \$

19. Boiler

Tabel 5.29 Spesifikasi Boiler

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Membuat Saturated Steam
Jenis	Tangki Silinder Horizontal
Volume	3,468 m ³
Diameter	1,6410 m
Tinggi	3,2820 m
Harga	153.400 \$

20. Compressor

Tabel 5.30 Compressor

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menekan udara sebanyak jumlah yang ditentukan dan mengubah tekanan menjadi yang diinginkan.
Jenis	Compressor Centrifugal
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	0,0881 Kmol/jam
Power	0,1667 HP
Efisiensi	80 %
Harga	2.000 \$

21. Tangki Silika

Tabel 5.31 Tangki Silika

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara.
Jenis	Tangki silinder tegak dengan torispherical head and bottom.
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Volume	0,3728 m ³
Diameter	0,7802 m
Tinggi	1,5604 m
Harga	3.000 \$

22. Tangki Udara Tekan

Tabel 5.32 Tangki Udara Tekan

Spesifikasi Umum	
Fungsi	Menampung udara tekan selama 2 jam.
Jenis	Tangki Silinder Horizontal
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Volume	0,5040 m ³
Diameter	0,5982 m
Lebar	1,7945 m
Harga	17.700 \$

Lanjutan Tabel 5.34 Spesifikasi Pompa Utilitas

Fungsi	: Mengalirkan air ke tangki umpan boiler	: Mengalirkan kondensat sebagai umpan boiler	
Kode alat	: PU-07	: PU-08	
Jenis alat	: Sentrifugal Pump Single Stage	: Sentrifugal Pump Single Stage	
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>	: <i>Commercial Steel</i>	
Impeller	: Mixed Flow Impellers	: Mixed Flow Impellers	
Kapasitas	: 21,0797 gpm	: 18,3302 gpm	
Kecepatan aliran	: 2,3874 m ³ /s	: 2,0760 m ³ /s	
Dimensi Pipa	ID	: 0,0266 m	: 0,0266 m
	OD	: 0,0335 m	: 0,0335 m
	IPS	: 0,0254 m	: 0,0254 m
	Flow area	: 0,0006 m ²	: 0,0006 m ²
Effisiensi pompa	: 45 %	: 45 %	
Power pompa	: 0,0313 HP	: 0,0248 HP	
Power motor	: 0,0500 HP	: 0,0500 HP	
Harga alat	: 5.000 \$: 5.000 \$	

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi pada prarancangan pabrik trisodium fosfat dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik yang didirikan dari segi ekonomi. Secara umum, evaluasi ekonomi berkaitan dengan kebutuhan modal, biaya produksi pengeluaran umum serta analisis kelayakan pabrik. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan evaluasi ekonomi pabrik sebagai berikut:

1. *Return of Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Ada beberapa hal yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap ke lima faktor di atas, diantaranya adalah:

1. Modal Industri (*Fixed Capital Investment*)
 - Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*)
 - Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Pendapatan Modal
 - Biaya Tetap (*Fixed Cost Annual*)
 - Biaya Variabel (*Variable Cost Annual*)
 - Biaya Mengambang (*Regulated Cost Annual*)

6.2 Penafsiran Harga Alat

Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2030. Oleh karena itu, perlu disesuaikan harga pada tahun tersebut. Perhitungan alat proses maupun utilitas dilakukan berdasarkan indeks harga pada tahun-tahun sebelumnya. Harga alat yang digunakan dalam perhitungan dari referensi yaitu Matches. Perhitungan harga alat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries dan Newton, 1955)

dengan,

E_x = nilai indeks harga tahun x (2030)

E_y = nilai indeks harga tahun y

N_x = harga alat pada tahun x (2030)

N_y = harga alat pada tahun y

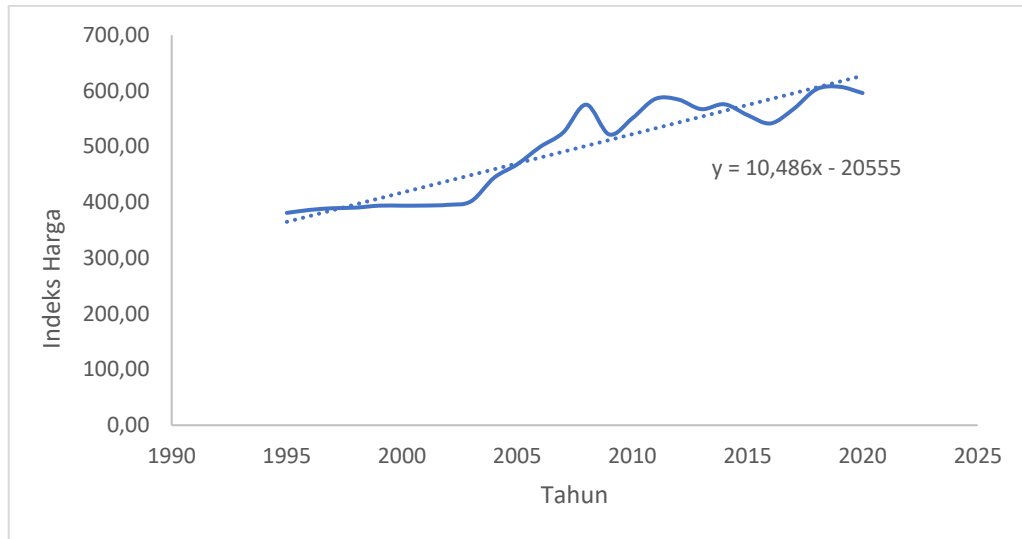
Data indeks harga biasa disebut dengan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) setiap tahunnya diperoleh dari chemengonline.com yang disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada tahun 1995-2020

Xi	Indeks (Yi)
1995	381,10
1996	386,50
1997	389,50
1998	390,60
1999	394,10
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20
2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20

(Sumber: www.chemengonline.com/pci)

Dengan data indeks harga diatas, dilakukan ekstrapolasi untuk nilai CEPCI di tahun 2030. Data nilai indeks CEPCI tiap tahunnya dilakukan regresi linear untuk memperoleh persamaan hubungan nilai CEPCI dengan tahun indeks:



Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear Indeks Harga Alat

Persamaan yang diperoleh yaitu sebagai berikut:

$$y = 10,486 x - 20555$$

dengan,

y = nilai indeks harga

x = tahun

Dari data Tabel 6.1 diatas pada tahun 2030 diperkirakan indeks harga alat yaitu :

$$Y = (10,486 \times 2030) + (-20555)$$

$$Y = 731,58$$

Dengan cara yang sama diperoleh estimasi nilai indeks harga alat pada tahun 2021-2030 yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 6.2 Estimasi nilai indeks harga alat tahun 2021-2030

Xi	Yi (Index)
2021	637,21
2022	647,69
2023	658,18
2024	668,66
2025	679,15
2026	689,64
2027	700,12
2028	710,61
2029	721,09
2030	731,58

Perhitungan harga tiap alat proses maupun utilitas disesuaikan menggunakan data indeks harga pada tahun referensi dan tahun 2030. Nilai CEPCI pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara, nilai CEPCI pada tahun 2030 adalah 731,58.

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^{0,6}$$

Dimana : Ea = harga alat a

Eb = harga alat b

Ca = kapasitas alat a

Cb = kapasitas alat b

Tabel 6.3 Harga Alat Proses

Nama	Kode Alat	Jumlah	Ny (\$)	Nx (\$)	Ey (\$)	Ex (\$)	Harga Alat (Rp)
			2014	2030	2014	2030	
Tangki-01	T-01	1	576,10	731,58	83500	106035,2890	1.691.549.155,0269
Silo-01	S-01	1	576,10	731,58	41900	53208,1271	848.813.288,5704
Silo-02	S-02	1	576,10	731,58	24600	31239,1390	498.348.613,3373
Silo-03	S-03	1	576,10	731,58	62100	78859,7778	1.258.026.377,5709
Mixer-01	M-01	1	576,10	731,58	14400	18286,3253	291.716.261,4657
Mixer-02	M-02	1	576,10	731,58	8400	10667,0231	170.167.819,1883
Mixer-03	M-03	1	576,10	731,58	17100	21715,0113	346.413.060,4905
Reaktor-01A	R-01A	1	576,10	731,58	71900	91304,6381	1.456.555.499,9573
Reaktor-01B	R-01B	1	576,10	731,58	71900	91304,6381	1.456.555.499,9573
Reaktor-02A	R-02A	1	576,10	731,58	229800	291819,2744	4.655.305.339,2238
Reaktor-02B	R-02B	1	576,10	731,58	229800	291819,2744	4.655.305.339,2238
Evaporator-01	EV-01	1	576,10	731,58	126600	160767,2765	2.564.672.132,0528
Crsytallizer-01	CR-01	1	576,10	731,58	90450	114860,9807	1.832.342.767,3315
Crsytallizer-02	CR-02	1	576,10	731,58	107500	136512,4978	2.177.742.924,1364
Centrifuge-01	CF-01	1	576,10	731,58	6900	8762,1975	139.780.708,6190

Lanjutan Tabel 6.3 Harga Alat Proses

Centrifuge-02	CF-02	1	576,10	731,58	6900	8762,1975	139.780.708,6190
Rotary Dryer-01	RD-01	1	576,10	731,58	5400	6857,3720	109.393.598,0496
Rotary Dryer-02	RD-02	1	576,10	731,58	4300	5460,4999	87.109.716,9655
Blower-01	BL-01	1	576,10	731,58	500	634,9419	10.129.036,8564
Blower-02	BL-02	1	576,10	731,58	400	507,9535	8.103.229,4852
Blower-03	BL-03	1	576,10	731,58	5600	7111,3487	113.445.212,7922
Blower-04	BL-04	1	576,10	731,58	1100	1396,8721	22.283.881,0842
Heater-01	HE-01	1	576,10	731,58	1700	2158,8023	34.438.725,3119
Heater-02	HE-02	1	576,10	731,58	900	1142,8953	1.8232.266,3416
Heater-03	HE-03	1	576,10	731,58	1800	2285,7907	36.464.532,6832
Heater-04	HE-04	1	576,10	731,58	3400	4317,6046	68.877.450,6239
Cooler-01	CL-01	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-01	SC-01	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-02	SC-02	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-03	SC-03	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-04	SC-04	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-05	SC-05	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	10.1290.368,5645
Screw Conveyor-06	SC-06	1	576,10	731,58	6900	8762,1975	139.780.708,6190

Lanjutan Tabel 6.3 Harga Alat Proses

Screw Conveyor-07	SC-07	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Screw Conveyor-08	SC-08	1	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-01	P-01	2	576,10	731,58	2500	3174,7093	101.290.368,5645
Pompa-02	P-02	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-03	P-03	2	576,10	731,58	2500	3174,7093	101.290.368,5645
Pompa-04	P-04	2	576,10	731,58	2500	3174,7093	101.290.368,5645
Pompa-05	P-05	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-06	P-06	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-07	P-07	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-08	P-08	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-09	P-09	2	576,10	731,58	9200	11682,9300	372.748.556,3173
Pompa-10	P-10	2	576,10	731,58	9200	11682,9300	372.748.556,3173
Pompa-11	P-11	2	576,10	731,58	4100	5206,5232	166.116.204,4458
Pompa-12	P-12	2	576,10	731,58	3200	4063,6278	129.651.671,7625
Pompa-13	P-13	2	576,10	731,58	2600	3301,6976	105.341.983,3071
Pompa-14	P-14	2	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
TOTAL		62	27652,80	35115,8400	1319250	1675294,0722	27.949.051.397,9985

Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas

Nama	Kode Alat	Jumlah	Ny (\$)	Nx (\$)	Ey (\$)	Ex (\$)	Harga Alat (Rp)
			2014	2030	2014	2030	
Bak Pengendapan Awal	T-01	1	576,10	731,58	21300	27048,5228	431.496.970,0847
Tangki Larutan Alum	T-02	1	576,10	731,58	10400	13206,7905	210.683.966,6141
Tangki Larutan CaOH	T-03	1	576,10	731,58	8400	10667,0231	170.167.819,1883
Tangki Flokulator	M-01	1	576,10	731,58	3800	4825,5581	76.980.680,1090
Clarifier	M-02	1	576,10	731,58	3800	4825,5581	76.980.680,1090
Sand Filter	F-01	1	576,10	731,58	22100	28064,4298	447.703.429,0550
Bak Penampungan Air Bersih	T-04	1	576,10	731,58	10900	13841,7323	220.813.003,4706
Tangki Klorinasi	V-01	1	576,10	731,58	12600	16000,5346	255.251.728,7825
Tangki Air Bersih Rumah Tangga	T-05	1	576,10	731,58	7300	9270,1510	147.883.938,1041
Tangki Air Bertekanan	T-06	1	576,10	731,58	4200	5333,5115	85.083.909,5942
Cooling Tower	CT-01	1	576,10	731,58	101900	129401,1491	2.064.297.711,3442
Blower	BL-01	1	576,10	731,58	10000	12698,8370	202.580.737,1290
Tangki Kation	V-02A/B	2	576,10	731,58	27100	34413,8483	1.097.987.595,2390
Tangki Anion	V-03A/B	2	576,10	731,58	15100	19175,2439	611.793.826,1295
Tangki NaOH	M-03	1	576,10	731,58	29200	37080,6041	591.535.752,4166

Lanjutan Tabel 6.4 Harga Alat Utilitas

Tangki NaCl	M-04	1	576,10	731,58	21300	27048,5228	431.496.970,0847
Tangki Deaerator	V-04	1	576,10	731,58	26900	34159,8716	544.942.182,8769
Tangki Kondensat	V-05	1	576,10	731,58	26900	34159,8716	544.942.182,8769
Boiler	B-01	1	576,10	731,58	153400	194800,1597	3.107.588.507,5584
Kompresor	C-01	1	576,10	731,58	2000	2539,7674	40.516.147,4258
Tangki Silika	V-06	1	576,10	731,58	3000	3809,6511	60.774.221,1387
Tangki Udara Tekan	T-07	1	576,10	731,58	17700	22476,9415	358.567.904,7183
Pompa Utilitas-01	PU-01	1	576,10	731,58	6000	7619,3022	121.548.442,2774
Pompa Utilitas -02	PU-02	1	576,10	731,58	6000	7619,3022	121.548.442,2774
Pompa Utilitas -03	PU-03	1	576,10	731,58	6000	7619,3022	121.548.442,2774
Pompa Utilitas -04	PU-04	1	576,10	731,58	6000	7619,3022	121.548.442,2774
Pompa Utilitas -05	PU-05	1	576,10	731,58	6000	7619,3022	121.548.442,2774
Pompa Utilitas -06	PU-06	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Pompa Utilitas -07	PU-07	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
Pompa Utilitas -08	PU-08	1	576,10	731,58	5000	6349,4185	101.290.368,5645
TOTAL		32	17283,00	21947,40	584.300	741.993,0463	12.691.683.181,1300

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 12.000 Ton/Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 Tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 15.952,70 (Per Agustus 2024)
Tahun didirikan	: 2030
UMR Kota Gresik	: Rp 5.687.128,00 (tahun 2030)
Harga Bahan Baku (H_3PO_4)	: Rp5.006.102 ton/tahun
Harga Bahan Baku (Na_2CO_3)	: Rp79.408.688 ton/tahun
Harga Bahan Baku (NaOH)	: Rp21.349.165 ton/tahun
Harga Produk (Na_3PO_4)	: Rp296.464.774 ton/tahun

6.3 Perhitungan Biaya

a. Modal (*Capital Investment*)

Merupakan total pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik serta untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri atas:

1. *Fixed Capital Investment*

Adalah biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Setelah melakukan perhitungan rencana, maka pabrik Trisodium fosfat

ini memerlukan rencana *physical plant cost*, *direct plant cost*, dan *fixed*

capital instrument. Hasil perhitungan masing-masing dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 6.5 *Physical Plant Cost (PPC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	<i>Purchased Equipment Cost (PEC)</i>	\$2.417.287,12	Rp38.562.256.216,19
2.	<i>Purchasing Equipment Installation (PEI)</i>	\$1.039.433,46	Rp16.581.770.172,96
3.	Instrumen dan Control	\$362.593,07	Rp5.784.338.432,43
4.	Piping	\$2.078.866,92	Rp33.163.540.345,92
5.	Electrical Equipment and Material	\$362.593,07	Rp5.784.338.432,43
6.	Insulation	\$193.382,97	Rp3.084.980.497,29
7.	Building cost	\$1.441.762,21	Rp23.000.000.000,00
8.	Land & Yard	\$1.441.762,21	Rp23.000.000.000,00
Total		\$9.337.681,03	Rp148.961.224.097,22

Tabel 6.6 *Direct Plant Cost (DPC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	<i>Purchased Equipment Cost (PEC)</i>	\$2.417.287,12	Rp38.562.256.216,19
2.	<i>Purchasing Equipment Installation (PEI)</i>	\$1.039.433,46	Rp16.581.770.172,96
3.	Instrumen dan Control	\$362.593,07	Rp5.784.338.432,43
4.	Piping	\$2.078.866,92	Rp33.163.540.345,92
5.	Electrical Equipment and Material	\$362.593,07	Rp5.784.338.432,43
6.	Insulation	\$193.382,97	Rp3.084.980.497,29
7.	Building cost	\$1.441.762,21	Rp23.000.000.000,00
8.	Land & Yard	\$1.441.762,21	Rp23.000.000.000,00
9.	Engineering & Construction	\$1.867.536,21	Rp29.792.244.819,44
Total		\$13.072.753,44	Rp208.545.713.736,10

Tabel 6.7 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Direct Cost Plan	\$11.205.217,23	Rp178.753.468.916,66
2.	Contractor's fee	\$448.208,69	Rp7.150.138.756,67
3.	Contingency	\$1.120.521,72	Rp17.875.346.891,67
Total		\$12.773.947,64	Rp203.778.954.564,99

2. *Working Capital Investment*

Adalah biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 6.8 *Working Capital Investment (WCI)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Raw Material Inventory	\$665.398,65	Rp10.614.905.112,00
2.	Inproses Inventory	\$591.256,30	Rp9.432.134.416,59
3.	Product Inventory	\$275.919,61	Rp4.401.662.727,74
4.	Extended Inventory	\$1.689.453,39	Rp26.951.343.157,89
5.	Available Cash	\$1.182.512,60	Rp18.864.268.833,18
Total		\$4.404.540,56	Rp70.264.314.247,41

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Merupakan biaya yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

Manufacturing cost meliputi :

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Adalah biaya pengeluaran langsung yang berhubungan dengan proses pembuatan suatu produk.

Tabel 6.9 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Raw material	\$7.319.385,20	Rp116.763.956.232,01
2.	Labor Cost	\$951.939,17	Rp15.186.000.000,00
3.	Supervision	\$95.193,92	Rp1.518.600.000,00
4.	Maintenance	\$766.436,86	Rp12.226.737.273,90
5.	Plant supplies	\$114.965,53	Rp1.834.010.591,08
6.	Royalty and patents	\$185.839,87	Rp2.964.647.747,37
7.	Utilities	\$653.329,60	Rp10.422.371.127,27
Total		\$10.087.090,15	Rp160.916.322.971,63

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Adalah total biaya pengeluaran secara tidak langsung karena operasional atau berjalannya pabrik.

Tabel 6.10 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Payroll Overhead	\$142.790,88	Rp2.277.900.000,00
2.	Laboratory	\$95.193,92	Rp1.518.600.000,00
3.	Plant Overhead	\$475.969,59	Rp7.593.000.000,00
4.	Packaging and Shipping	\$929.199,37	Rp14.823.238.736,84
Total		\$1.643.153,74	Rp26.212.738.736,84

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Adalah total biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat beroperasi maupun tidak beroperasi atau pengeluaran yang memiliki sifat tetap, tidak tergantung pada waktu maupun tingkat jumlah produksi.

Tabel 6.11 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Depreciation	\$1.021.915,81	Rp16.302.316.365,20
2.	Property Taxes	\$127.739,48	Rp2.037.789.545,65
3.	Insurance	\$127.739,48	Rp2.037.789.545,65
Total		\$1.277.394,76	Rp20.377.895.456,50

Tabel 6.12 *Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$10.087.090,15	Rp160.916.322.971,63
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$1.643.153,74	Rp26.212.738.736,84
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	\$1.277.394,76	Rp20.377.895.456,50
Total Manufacturing Cost		\$13.007.638,65	Rp207.506.957.164,97

c. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Merupakan merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk manufacturing cost. *General expenses* dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 6.13 *General Expenses (GE)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Administration	\$390.229,16	Rp6.225.208.714,95
2.	Sales Expense	\$650.381,93	Rp10.375.347.858,25
3.	Research	\$455.267,35	Rp7.262.743.500,77
4.	Finance	\$343.569,76	Rp5.480.865.376,25
Total		\$1.839.448,21	Rp29.344.165.450,22

Tabel 6.14 *Total Production Cost (TPC)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Manufacturing Cost (MC)	\$13.007.638,65	Rp207.506.957.164,97
2.	General Expenses (GE)	\$1.839.448,21	Rp29.344.165.450,22
Total Production Cost (TPC)		\$14.847.086,86	Rp236.851.122.615,19

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp296.464.774.736,84

Total *production cost* : Rp236.851.122.615,19

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp59.613.652.121,65

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Keuntungan sebelum pajak : Rp59.613.652.121,65

Pajak 20% dari keuntungan : Rp11.922.730.424,33

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak- setelah pajak

: Rp47.690.921.697,32

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa ataupun evaluasi kelayakan bertujuan untuk layak atau tidaknya dari suatu pabrik yang akan didirikan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan diantaranya lain :

1. *Return On Investment (ROI)*

Merupakan perkiraan keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum adalah 11%, sedangkan untuk pabrik resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries dan Newton, 1955). Persamaan yang digunakan untuk menghitung ROI sebagai berikut:

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \% \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

1. ROI b sebelum pajak

$$ROI_b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \%$$

$$ROI_b = 29 \%$$

2. ROI a setelah pajak

$$ROI_a = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed Capital}} \times 100 \%$$

$$ROI_a = 23 \%$$

Syarat ROI sebelum pajak berdasarkan (Tabel 54., Aries, Newton, 1955 : 193)
 Untuk ROI > 44 % = Pabrik tergolong *high risk*
 Untuk ROI < 44 % = Pabrik tergolong *low risk*

2. *Pay Out Time (POT)*

Merupakan lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah 5 tahun, sedangkan untuk pabrik resiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries dan Newton, 1955).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* yaitu:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Deprisasi})} \times 100 \%$$

1. POT b sebelum pajak

$$POT_b = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Deprisasi})} \times 100 \%$$

$$POT_b = 2,68 \text{ Tahun}$$

2. POT a setelah pajak

$$POT_a = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan setelah pajak} + \text{Deprisasi})} \times 100 \%$$

$$POT_a = 3,18 \text{ Tahun}$$

Syarat POT sebelum pajak berdasarkan (Tabel 55., Aries, Newton, 1955 : 196)

Untuk 5 tahun \geq POT \geq 2 tahun = Pabrik tergolong *low risk*

Untuk POT < 2 tahun = Pabrik tergolong *high risk*

3. *Break Even Point* (BEP)

Merupakan suatu titik impas (dimana pabrik tidak mengalami keuntungan atau kerugian). Total kapasitas pabrik pada saat sales value = total cost. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara nilai 40% - 60%.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *break even point* yaitu:

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

(Aries & Newton, 1955)

Dengan,

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.15 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Depreciation	\$1.021.915,81	Rp16.302.316.365,20
2.	Property Taxes	\$127.739,48	Rp2.037.789.545,65
3.	Insurance	\$127.739,48	Rp2.037.789.545,65
Total		\$1.277.394,76	Rp20.377.895.456,50

Tabel 6.16 *Annual regulated expenses (Ra)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Labor Cost	\$951.939,17	Rp15.186.000.000,00
2.	Payroll Overhead	\$142.790,88	Rp2.277.900.000,00
3.	Supervision	\$95.193,92	Rp1.518.600.000,00
4.	Plant Overhead	\$475.969,59	Rp7.593.000.000,00
5.	Laboratory	\$95.193,92	Rp1.518.600.000,00
6.	Administration	\$390.229,16	Rp6.225.208.714,95
7.	Sales Expense	\$650.381,93	Rp10.375.347.858,25
8.	Research	\$455.267,35	Rp7.262.743.500,77
9.	Finance	\$343.569,76	Rp5.480.865.376,25
10.	Maintenance	\$766.436,86	Rp12.226.737.273,90
11.	Plant supplies	\$114.965,53	Rp1.834.010.591,08
Total		\$4.481.938,06	Rp71.499.013.315,20

Tabel 6.17 *Annual sales value (Sa)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Total penjualan	\$18.583.987,33	Rp296.464.774.736,84
	Total	\$18.583.987,33	Rp296.464.774.736,84

Tabel 6.18 *Annual variable value (Va)*

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	Raw material	\$7.319.385,20	Rp116.763.956.232,01
2.	Packaging and Shipping	\$929.199,37	Rp14.823.238.736,84
3.	Utilities	\$653.329,60	Rp10.422.371.127,27
4.	Royalty and patents	\$185.839,87	Rp2.964.647.747,37
	Total	\$9.087.754,04	Rp144.974.213.843,49

Dengan menggunakan data dari tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP

sebesar:

$$BEP = 41,23 \%$$

BEP =	$\frac{Fa + (0,3 * Ra)}{Sa - Va - (0,7 * Ra)}$	x 100%
Fa	= Fixed Capital pada produksi maksimum per tahun	
Ra	= Regulated Expense pada produksi maksimum	
Sa	= Penjualan maksimum pertahun	
Va	= Variabel Expense pada produksi maksimum pertahun	

4. *Shut Down Point (SDP)*

Merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar fixed cost dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *shut down point* yaitu :

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

Tabel 6.19 *Shut Down Point* (SDP)

No.	Komponen	Biaya (USD)	Biaya (IDR)
1.	<i>Annual regulated expenses</i> (Ra)	\$4.481.938,06	Rp71.499.013.315,20
2.	<i>Annual sales value</i> (Sa)	\$18.583.987,33	Rp296.464.774.736,84
3.	<i>Annual variable value</i> (Va)	\$9.087.754,04	Rp144.974.213.843,49

Dengan menggunakan data dari tabel diatas, maka didapatkan nilai SDP

sebesar:

$$SDP = 21,14 \%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Umur pabrik (n)	: 10 Tahun
Salvage Value (SV)	: Rp20.377.895.456
Working Capital Investment (WCI)	: Rp70.264.314.247
Fixed Capital Investment (FCI)	: Rp203.778.954.565
Cash Flow (CF)	: Annual Profit + Depreciation + Finance
	: Rp69.474.103.439

Persamaan yang digunakan untuk menghitung DCFR yaitu:

$$R = S$$

$$R = (WC+FCI)*[(1+i)^n]$$

$$S = \{[(1+i)^{(n-1)}]+((1+i)^{(n-2)})+((1+i)^{(n-3)})+ \dots +((1+i)^{(n-n)})+(1+i)+1\}CF + \{SV+WC\}$$

Discounted cash flow rate dihitung secara trial and error

R : Rp2.565.849.234.034

S : Rp2.564.863.817.113

Dari Trial dan error di peroleh :

Nilai interest (i) : 0,2507

DCFR : 25,07%

Bunga bank Indonesia : 6,3 % (per Agustus2024)

Kesimpulan,

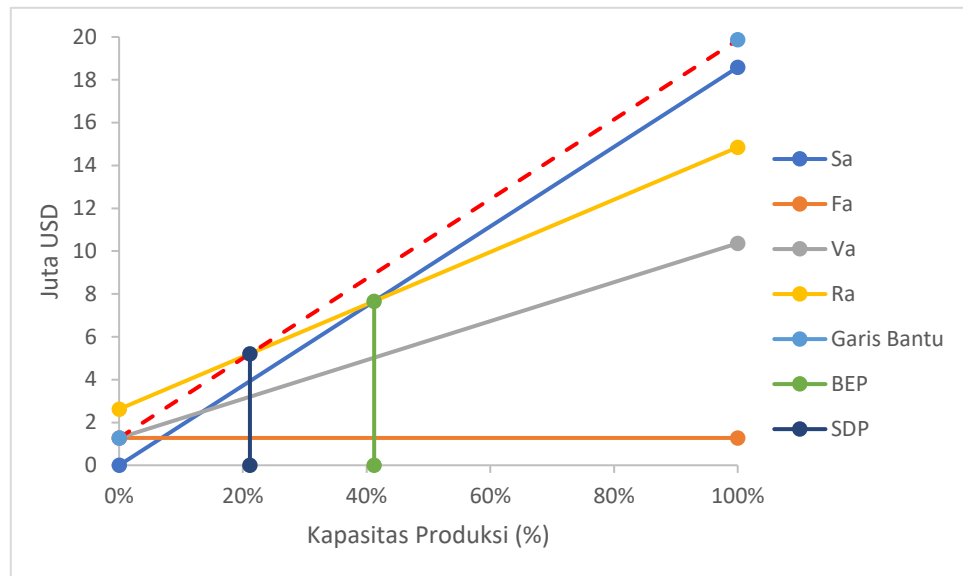
DCFR minimum : memenuhi syarat

: 1,5 x suku bunga tahun ini

: 9,38 %

Tabel 6.20 Analisis Kelayakan Pabrik

Komponen	Parameter	Hasil evakuasi	Keterangan
ROI	ROI < 44% (Low Risk)	23%	Layak
POT	5tahun > POT > 2tahun	3,18	Layak
BEP	40% - 60%	41,23%	Layak
SDP	> 20%	21,14%	Layak
DCFR	Bunga Bank Minimal 9.38%	25,07%	Layak



Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi

6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisa risiko pabrik dilakukan bertujuan untuk menentukan kecil ataupun besar risiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi dan menyiapkan rencana tanggap darurat yang efektif berdasarkan risiko yang teridentifikasi. Berdasarkan analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik trisodium fosfat termasuk kategori risiko low risk dengan mempertimbangkan:

1. Kondisi Operasi

Perancangan pabrik trisodium dengan suhu terendah 30°C dan suhu tertinggi 100°C dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung tidak beresiko melihat kondisi operasi yang konstan pada tekanan 1 atm.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dari prarancangan pabrik trisodium fosfat terdiri dari asam fosfat, sodium karbonat, dan sodium hidroksida. Asam fosfat dari PT. Petrokimia Gresik produksi 400.000 ton/tahun. Sodium hidroksida dari PT. Asahimas Chemical produksi 350.000 ton/tahun. Sodium karbonat dari PT. Petrokimia Gresik PT Garam (Persero) x Unilever Asia Pte. Ltd produksi 300.000 ton/tahun. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini tidak mungkin mengalami kendala pada bahan baku utama.

3. Bahan Baku dan Produk

Sifat kimia dari bahan baku utama antara lain tidak mudah menguap, tidak mudah terbakar dan stabil pada suhu kamar.

4. Identifikasi Hazard

Pada tabel dibawah berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan yang digunakan pada pra rancangan pabrik ini.

Tabel 6.21 Analisis Resiko Pabrik

No.	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			High	Low
Bahan Baku yang digunakan				
1.	Asam Fosfat (H ₃ PO ₄)	Toksistas Akut	√	
		Non-flammable (tidak mudah terbakar)		√
		Non-volatile (tidak mudah menguap)		√
		Korosif	√	
		Stabilitas		√
2.	Sodium Karbonat (Na ₂ CO ₃)	Toksistas Akut	√	
		Non-flammable (tidak mudah terbakar)		√
		Non-volatile (tidak mudah menguap)		√
		Korosif	√	
		<i>Stabilitas: Stabil pada suhu kamar</i>		√
3.	Sodium Oksida (NaOH)	Toksistas Akut	√	
		Non-flammable (tidak mudah terbakar)	√	
		Non-volatile (tidak mudah menguap)		√
		Korosif	√	
		<i>Stabilitas: Stabil pada suhu kamar</i>		√
Sifat Produk yang digunakan				
4.	Trisodium Fosfat (Na ₃ PO ₄)	Toksistas Akut	√	
		Non-flammable (tidak mudah terbakar)		√
		Non-volatile (tidak mudah menguap)		√
		Korosif		√
		<i>Stabilitas: Stabil pada suhu kamar</i>		√

6.6 Hasil Analisis Ekonomi

Untuk analisa ekonomi didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 6.22 Hasil Analisis Ekonomi

Parameter Kelayakan	Perhitungan	Standar Kelayakan (Aries dan Newton,154)
Profit		
Profit sebelum pajak	Rp59.613.652.121,65	Pajak (11%) (Peraturan Dirjen Pajak Nomor Per- 17/PJ/2015)
Profit setelah pajak	Rp47.690.921.697,32	
<i>Return On Investment (ROI)</i>		
ROI sebelum pajak	29 %	Industrial Chemical minimal 11% (Low Risk) dan 44% (High Risk)
ROI setelah pajak	23 %	
<i>Pay Out Time (POT)</i>		
POT sebelum pajak	2,68 Tahun	Industrial Chemical minimal 5 tahun (Low Risk) dan 2 tahun (High Risk)
POT setelah pajak	3,18 Tahun	
<i>Break Even Point (BEP)</i>		
Break Even Point (BEP)	41,23 %	40% - 60%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>		
Shut Down Point (SDP)	21,14%	>20%
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>		
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	25,07 %	1,5 x suku bunga acuan bank = 9,38 %

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik Trisodium fosfat dengan bahan baku asam fosfat, sodium karbonat dan sodium oksida dengan kapasitas 12.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik ini didirikan dengan pertimbangan untuk pemenuhan kebutuhan bahan kimia dalam negeri, mengurangi ketergantungan bahan terhadap negara lain, dan membantu memperbaiki perekonomian negara.
2. Dari segi bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik trisodium fosfat di Gresik, Jawa Timur cukup menguntungkan karena dekat dengan lokasi tersedianya bahan baku dari PT Petrokimia Gresik, dekat dengan pusat perdagangan ekspor-impor. Kemudahan dalam mendapatkan tenaga kerja serta ketersediaan air dari Sungai Lamong dan listrik dari PLN setempat.
3. Pra rancangan pabrik Trisodium fosfat dengan kapasitas 12.000 Ton/Tahun akan didirikan di Kecamatan Kebonmas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dengan luas tanah 13.921 m² dan jumlah karyawan 147 orang.
4. Pabrik Trisodium fosfat ini merupakan pabrik yang tergolong resiko rendah (*low risk*).

5. Berdasarkan hasil analisis ekonomi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp59.613.652.121,65

b. Keuntungan setelah pajak sebesar Rp47.690.921.697,32

c. *Return Of Investment* (ROI)

- sebelum pajak (ROI b) sebesar 29 %

- setelah pajak (ROI a) sebesar 23 %

d. *Pay Out Time* (POT)

- sebelum pajak (POT b) sebesar 2,68 tahun

- sesudah pajak (POT a) sebesar 3,18 tahun

e. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41,23%

f. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,14 %

g. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 25,07 %

6. Dari hasil tinjauan yang sudah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Trisodium fosfat dengan kapasitas 12.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

4.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut

5. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih memaksimalkan keuntungan yang diperoleh.
6. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari pengelolaan limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia di Indonesia lebih ramah terhadap lingkungan.
7. Produk Trisodium fosfat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa yang mendatang dengan jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya kebutuhan masyarakat masa kini.
8. Pendirian pabrik Trisodium fosfat diharapkan dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, Robert S. and Newton, Robert D. (1955) “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, New York : McGraw-Hill Book Company Inc.
- Badger, W. L. (1955). “*Introduction To Chemical Engineering*”. McGraw-hall Book Company, Inc
- Badan Pusat Statistik, 2024. Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor Maret 2024. <https://www.bps.go.id/id>
- Badan Pusat Statistik. 2024.
Impor/imports. <https://www.bps.go.id/id/exim> (Diakses: 19 Maret 2024)
- Badan Pusat Statistik. 2024.
Ekspor/eksports. <https://www.bps.go.id/id/exim> (Diakses: 19 Maret 2024)
- Badan Statistik Kota Malang, Upah Minimum Kabupaten Gresik
<https://malangkota.bps.go.id/>, diakses pada 25 Juli 2024
- Badan Statistik Kabupaten Gresik, Data Kondisi Iklim dan Tenaga Kerja dalam
“*Kabupaten Gresik Dalam Angka 2024*”. <https://gresikkab.bps.go.id/>, diakses
pada tanggal 4 Agustus 2024
- Brown, G.G. (1978) “*Unit Operation*”, 3rd edition, Tokyo : McGraw Hill International Book Company.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. (1959) “*Process Equipment Design*”, New York : John Wiley and Sons, Inc.
- C. F. Beaton (1986). “*Heat Exchanger Design Handbook*”
Chemical Engineering Research Vol A2

Chemical, A. (2024) PT Asahimas Chemical

<https://www.asc.co.id/index.php/en/product-main>

Chem.L. (2024). Luli Chem Co.,

<https://lulichem.com/>

Coulson, J.M. and Richardson, J.F., (1983) "*Chemical Engineering*", Vol. 6, Pergamon Press, Oxford.

Faith Keyes and Clark. (1975). "*Industrial Chemical*", 4,h Edition, Jonh Wiley and Sons Inc, New York.

Geankoplis, J.C. 1978. :"*Transport Process and Unit Operation*" Third Edition, Prentice Hall International Inc. United States of America.

Harga Alat, <http://www.matche.com/equipcost/>, diakses pada 4 Agustus 2024

Harga Bahan Baku, Asam Fosfat, Sodium Karbonat dan Sodium Oksida pada <https://www.indotrading.com/> diakses pada tanggal 21 Maret 2024

Harga Bahan Utilitas, Kation, Anion, NaCl pada <https://www.indotrading.com/> diakses pada tanggal 4 Agustus 2024

Harga Bahan Utilitas, NaOH pada <https://www.tokopedia.com/>, diakses pada tanggal 4 Agustus 2024

Harga Bahan Utilitas, CaOH pada <https://grahachemical.co.id/>, diakses pada tanggal 5 Agustus 2024

Harga Bahan Utilitas, Al₂SO₄ pada <https://www.shuichem.com/>, diakses pada tanggal 5 Agustus 2024

Harga Bahan Bakar Solar, (<http://greet.es.anl.gov>), diakses pada tanggal 6 Agustus 2024

Harga Tanah Kavling, (<https://www.99.co/id/jual/tanah/gresik>), diakses pada

tanggal 6 Agustus 2024

Hesse, H. C., & Rushton, J. H. (1945). *Process equipment design*.

Indeks Bunga Bank, www.bi.go.id diakses tanggal 7 Agustus 2024

Indeks Harga, <https://personalpages.manchester.ac.uk/> diakses pada tanggal 7 Agustus 2024

Indeks Harga CEPCI, www.chemengonline.com/pci diakses pada tanggal 7 Agustus 2024

Kirk R.E. and Othmer, D.F. (1982) *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd edition, vol.1., New York : John Wiley and Sons Inc.

Kusdi. 2009. *Teori Organisasi dan Administrasi*. Jakarta: Penerbit Salemba Humanika

Kern, D.Q. (1965) *Process Heat Transfer*, London : McGraw-Hill International Book Company Inc.

Ludwig, E. E. (1995). *Applied process design for chemical and petrochemical plants* (Vol. 2). Gulf Professional Publishing.

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

Mullin, J. W. (2001). "*Crystallization*"

McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P. (1993) "*Unit Operation of Chemical Engineering*", United States of America : McGraw-Hill Book Company Inc.

Perusahaan Trisodium Fosfat Luar Negeri, <https://www.adityabirlachemicals.com/> diakses pada tanggal 21 Maret 2024

Perusahaan Trisodium Fosfat Luar Negeri, <https://icis.com> diakses pada tanggal 21 Maret 2024

Perusahaan Trisodium Fosfat Luar Negeri, www.indonesian.alibaba.com diakses pada

tanggal 21 Maret 2024

- Powell, S. T. (1954). "*Water conditioning for industry*".
- Putra, C. (2013). Kedudukan Dan Fungsi Legal Officer Dalam Perseroan Terbatas. *Lex Privatum*, 1(4).
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, "*Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed*",., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H. and Green, D.W. (1999) "*Perry's Chemical Engineer's Handbook. 7th edition*", Singapore : McGraw Hill Book Company.
- Perry, R.H. and Green, D.W. (2007) "*Perry's Chemical Engineer's Handbook. 8th edition*", Singapore : McGraw Hill Book Company
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant design and economics for chemical engineers* (4th ed.). McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Rase, H.F. and Barrow, M.H., 1957, "Project Engineering of Process Plants", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Sarto, A. N. A. (2007). Kinetika Reaksi Pembuatan Di-Kalium Phosphat dari Asam Phosphat dan Kalium Karbonat. In Forum Teknik (Vol. 31, No. 2007).
- Sinaga, N. A. (2018). Hal-Hal Pokok Pendirian Perseroan Terbatas Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Hukum Dirgantara*, 8(2).
- Statistik, Kabupaten Gresik (2024) Kabupaten Gresik dalam Angka
<https://gresikkab.bps.go.id/publication/> (Diakses: 16 Agustus 2024)
- Treyball, R. E. 1980. "*Mass Transfer Operation*". McGraw-Hill Book Co: New York.
- Wallas. S.M. 1988. "*Chemical Process Equipment*". Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Ulrich, G. (1984). "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*".

New York: John Wiley and Sons, .

Walas, Stanley M. (1990) "*Chemical Process Equipment*". United States of America :

Butterworth-Heinemann Reed Publishing (USA) Inc.

Wagman, Donald D., et al. (1982). "*The NBS Tables of Chemical Thermodynamic*

Properties. Volume 11". New York : America Chemical Society

Yaws, C. L. (1999,). "Chemical Properties Handbook",. USA: McGraw Hill

Companies.

Gresik, P. P. (2024). PT Petrokimia Gresik. www.petrokimia-gresik.com.

[Accessed: 28-March-2024].

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

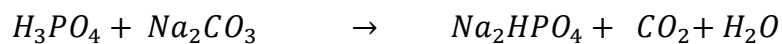
LAMPIRAN A

Reaktor I A

Kode	: R-01 A
Fungsi	: Mereaksikan asam fosfat (H_3PO_4) dan sodium karbonat (Na_2CO_3) yang membentuk disodium fosfat (Na_2HPO_4)
Fasa	: Cair-cair
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jacket pemanas
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless steel</i> Grade 3 Tipe 304
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i>
1. Suhu (T)	: 90 °C
2. Tekanan (P)	: 1 atm
Reaksi	: <i>Endotermis</i> (menyerap panas dari lingkungan)
Konversi	: 95 %

1. Neraca Massa

Reaksi pembentukan di reaktor adalah sebagai berikut:



Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/jam	Kg/jam
H ₃ PO ₄	1106,0371	309,6904
Na ₂ CO ₃	1139,3579	278,0033
Na ₂ HPO ₄	0,0000	1153,8901
H ₂ O	3336,3955	3482,6632
CO ₂	0	357,5434
MgO	2,8772	2,8772
CaO	2,8772	2,8772
Al ₂ O ₃	2,8772	2,8772
Fe ₂ O ₃	2,8772	2,8772
TOTAL	5593,2991	5593,2991

2. Densitas Campuran

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	Fraksi massa	ρ campuran (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
H ₃ PO ₄	1106,0371	1.819,2890	0,1977	359,7521	0,7844
Na ₂ CO ₃	1139,3579	2.316,8410	0,2037	471,9417	0,8081
Na ₂ HPO ₄	0,0000	861,0671	0	0,0000	0,0000
H ₂ O	3336,3955	963,0448	0,5965	574,4549	2,3663
CO ₂	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MgO	2,8772	3.707,9170	0,0005	1,9073	0,0020
CaO	2,8772	79,6194	0,0005	0,0410	0,0020
Al ₂ O ₃	2,8772	3.002,6580	0,0005	1,5446	0,0020
Fe ₂ O ₃	2,8772	648,5939	0,0005	0,3336	0,0020
TOTAL	5593,2991	13.399	1,0000	1409,9752	3,9669

3. Perhitungan Reaktor

a. Menentukan laju volumetrik (F_{vo})

$$\begin{aligned}
 F_{vo} &= \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{5593,2991}{1409,9752} \\
 &= 3,9669 \frac{m^3}{jam} \\
 &= 3966,9485 \frac{L}{jam}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

$$\text{Konsentrasi mula" } H_3PO_4 (C_{AO}) = \frac{\text{Laju Alir Volumetrik}}{\text{Mol asam fosfat}} = 2,8450 \frac{kmol}{m^3}$$

$$\text{Konsentrasi mula" } Na_2CO_3 (C_{BO}) = \frac{\text{Laju Alir Volumetrik}}{\text{Mol sodium karbonat}} = 2,7096 \frac{kmol}{m^3}$$

c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

- Reaksi Orde 2
- Reaksi Irreversible (searah)
- Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A \exp \left(- \frac{Ea}{RT} \right)$$

$$k = 1332,0841 \exp^{-\frac{2467,13}{363}} = 1,4888 \text{ L/gmol. menit}$$

$$= 89,3305 \frac{m^3}{kmol.jam} \quad (\text{Sarto \& Alamsyah, Vol.31})$$

d. Menghitung Volume Reaktor

$$\text{Waktu tinggal } (\tau) = \frac{V}{F_{v0}} = 1,4952 \text{ jam}$$

$$= 89,7115 \text{ menit}$$

$$(-r_A) = k \times C_A \times C_B$$

$$= 89,3305 \times 0,1423 \times 0,0301$$

$$= 0,0301 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}$$

Maka, didapatkan volume reaktor sebesar:

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X_1 (C_{A0} - C_A)}{k \cdot C_A C_B}$$

$$= 5,9313 \text{ m}^3$$

1 RATB	
V1	5,9313
X0	0%
XA	95%

2 RATB	
V1	1,2138
V2	1,2138
X0	0%
XA	75,6%
XB	95%

3 RATB	
V1	0,6733
V2	0,6733
V3	0,6733
X0	0%
XA	61%
XB	84%
XC	95%

4 RATB	
V1	0,4763
V2	0,4763
V3	0,4763
V4	0,4763
X0	0%
XA	50%
XB	76%
XC	87%
XD	95%

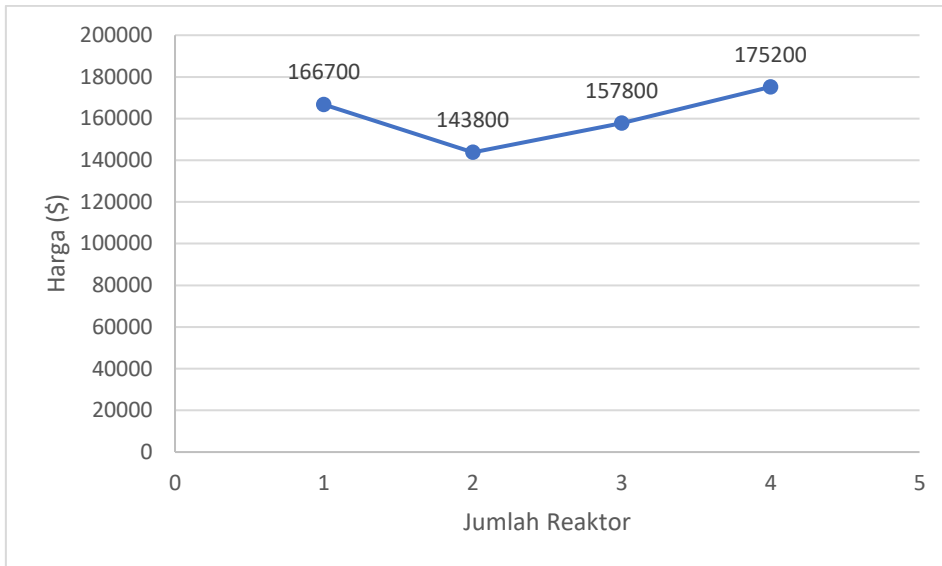
e. Menghitung Optimasi Reaktor

n	V1 (m ³)	V2 (m ³)	V3 (m ³)	V4 (m ³)	X0	XA	XB	XC	XD	V1 (gallon)	V2 (gallon)	V3 (gallon)	V4 (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	5,9313	0	0	0	0%	95%	0	0	0	1566,8956	0	0	0	166700	166700
2	1,2138	1,2138	0	0	0%	75,6%	95%	0	0	320,6465	320,6465	0	0	71900	143800
3	0,6733	0,6733	0,6733	0	0%	61,0%	84,2%	95%	0	177,8782	177,8782	177,8782	0	52600	157800
4	0,4763	0,4763	0,4763	0,4763	0%	50%	76%	87%	95%	125,8247	125,8247	125,8247	125,8247	43800	175200

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Maka, dipilih Stainless Steel SA Grade 3 Type 304 sebagai bahan pembuat reaktor.

Dari data yang ditampilkan dalam tabel optimasi, terlihat bahwa harga reaktor paling ekonomis adalah dengan menggunakan 2 reaktor seri dengan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Shell} &= 1,2138 \times 1,2 \\
 &= 1,4565 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



f. Menghitung Diameter Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reactor 1 : 1,5

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= \frac{\sqrt[3]{4 \times V_{shell}}}{3,14 \times 1,5} \\ &= 2,0292 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian (H)} &= 1,5 \times D \\ &= 3,0437 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan} &= \frac{4 V_{shell}}{\pi D^2} \\ &= 15,9139 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ID_{standar} &= OD - 2(ts_{standar}) \\ &= 25,6250 \text{ inch} \end{aligned}$$

g. Menghitung Dimensi Reaktor

$$P_{total} = P_{hidro} + P_{operasi} = 24,4235 \text{ psi}$$

Dengan menggunakan tekanan overdesign = 20 %

$$\begin{aligned} P_{desain} &= 20\% \times P_{tot} + P_{tot} \\ &= 29,3082 \text{ psi} \end{aligned}$$

h. Menghitung Tebal Shell

$$T_s = \frac{P_{desain} \times r}{f \times E} - (0,6 \times r) + C = 0,125$$

$$= 0,1476 \text{ inch}$$

Maka, diambil t_s standar : $3/16 = 0,1875$ inch (Brownell & Young)

i. Menghitung Tebal Head

$$OD = ID_{shell} + 2 t_s$$

$$= 24,7249 \text{ inch}$$

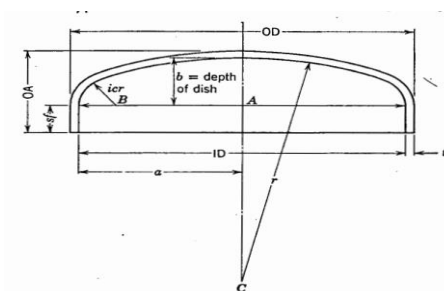
$$W = \frac{1}{4} \left(\sqrt[3]{\frac{r}{icr}} \right) = 0,8125 \text{ inch}$$

$$\text{Tebal head (th)} = \left(\frac{P \times icr \times W}{2 \times f \times E} \right) - (0,2 \times P \times c)$$

$$= 0,1256 \text{ inch}$$

Maka, diambil t_h standar : $3/16 = 0,1875$ inch (Brownell & Young)

j. Menghitung Tinggi Head



Head reaktor dipilih tipe *torispherical flanged & dished head* karena bekerja pada tekanan 1 atm serta tipe reaktor ini memiliki harga instalasi yang cukup ekonomis.

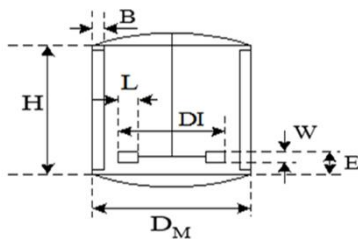
$$S_f = 2 \text{ inch}$$

$$ID_{standar} = OD_{standar} - 2 (t_s) = 34,3250 \text{ inch}$$

Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan *head* reaktor:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{ID}{2} &&= 12,1749 \text{ inch} \\
 AB &= a - icr &&= 10,5499 \text{ inch} \\
 BC &= r - icr &&= 22,3750 \text{ inch} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} &&= 19,7317 \text{ inch} \\
 b &= r - AC &&= 4,3683 \text{ inch} \\
 OA &= t_{head} + b + sf &&= 6,4558 \text{ inch} \\
 h_{reaktor} &= 2 h_{head} + h_{shell} &&= 49,4364 \text{ inch}
 \end{aligned}$$

k. Menghitung Spesifikasi Pengaduk



Jenis pengaduk bisa ditentukan dari nilai viskositas keluaran reaktor.

$$\text{Viskositas Campuran} = 1,6113 \text{ Cp}$$

$$= 0,0001611 \frac{Ns}{m^2}$$

Reaktor menggunakan pengaduk berjenis *marine propeller 3 blade*, dikarenakan nilai viskositas $< 3 \text{ Cp}$. Dalam merancang menggunakan referensi dari buku (Brownel, hal 507).

$$Di = \frac{ID}{3} = 8,1166 \text{ inch}$$

$$W = \frac{Di}{5} = 1,6233 \text{ inch}$$

$$L = \frac{Di}{4} = 2,0292 \text{ inch}$$

$$B = \frac{ID}{12} = 2,0292 \text{ inch}$$

$$E = Di \times 1 = 8,1166 \text{ inch}$$

$$H_{\text{cairan}} (Z_L) = i \times 1,5 = 36,5248 \text{ inch}$$

l. Menghitung Kecepatan Pengaduk

$$\text{Specific Gravity (Sg)} = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 1,4100$$

Nilai WELH dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} WELH &= S_g \times Z_L \\ &= 1,4100 \times 0,9277 \\ &= 1,3081 \text{ m} \\ &= 4,2916 \text{ ft} \end{aligned}$$

Nilai kecepatan pengaduk dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{600}{\pi \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 Di}} \\ &= 503 \text{ rpm} \\ &= 8 \text{ rps} \end{aligned}$$

m. Menghitung Power Pengaduk

Untuk menghitung nilai power pengaduk, nilai bilangan Reynold perlu dihitung terlebih dahulu dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{NDi^2\rho}{\mu} \\ &= \frac{2 \times (0,6764^2) \times 87,9825}{0,0001083} \\ &= 311751,0775 \end{aligned}$$

Berdasarkan McCabe (2005) hal. 253 nilai Reynold ($re > 10000$), nilai power = 311.751,0775 KT maka $KT = 5.75$ (untuk pengaduk turbine 6 blade).

$$\text{Number Power (Np)} = 6$$

Nilai power pengaduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{N_p \rho N^3 D i^5}{g_c}$$

$$P = \frac{6 \times 87,9825 \times (8^3) (0,6764^5)}{32,2} = 1368,9306 \text{ ft.} \frac{\text{lb}}{\text{s}} = 2,4887 \text{ HP}$$

Diketahui bahwa efisiensi power sebesar 83 % maka nilai *power aktual* dapat

diperoleh:
$$\text{Power aktual} = \frac{\text{Power}}{\text{Efisiensi power}} = \frac{1,5017}{0,83}$$

$$= 2,9985 \text{ HP}$$

Dipilih *power standar* sebesar = 3 HP

4. Merancang cerobong

Direncanakan *cerobong* berbentuk *silinder tanpa tutup*, untuk faktor keamanan maka didesain:

$$t = \frac{PD}{SE - 0,6P} + n.C$$

$$\begin{aligned} \text{tebal cerobong (tc)} &= \frac{((29,3082 \times 24,3499))}{-(0,6 \times 29,3082)} + 0,125 \\ &= 0,1703 \text{ inch} \end{aligned}$$

Maka, diambil tc standar : 3/16 = 0,1875 inch

5. Mengidentifikasi Jacket/Coil

a. Menentukan ΔT LMTD

Komponen	Celcius (°C)	Kelvin (K)	Fahrenheit (F)
Th in	90	363,16	194
Th out	90	363,16	194
Tc in	30	303,16	86
Tc out	55	328,16	131

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} = 83,4885 \text{ F}$$

* *Light organics* are fluids with viscosities of less than 0.5 centipoise and include benzene, toluene, acetone, ethanol, methyl ethyl ketone, gasoline, light kerosene, and naphtha.
 † *Medium organics* have viscosities of 0.5 to 1.0 centipoise and include kerosene, straw oil, hot gas oil, motor lubricating oil, and some grades.
 ‡ *Heavy organics* have viscosities above 1.0 centipoise and include cold gas oil, lube oils, fuel oils, reduced crude oils, tars, and asphalt.
 § Dirt factor 0.001.
 || Pressure drop 30 to 30 psi.
 ¶ These rates are greatly influenced by the operating pressure.

Hot fluid	Cold fluid	Overall U_D
Water	Water	250-500 §
Methanol	Water	250-500 §
Ammonia	Water	250-500 §
Aqueous solutions	Water	250-500 §
Light organics*	Water	75-150
Medium organics †	Water	50-125
Heavy organics ‡	Water	5-75
Gases	Water	2-50 ¶
Water	Brine	100-200
Light organics	Brine	40-100

Viskositas Campuran = 1,6113 cP

Dari nilai viskositas campuran hot fluid adalah Medium Organics.

Dari tabel. 8 buku Kern nilai *overall heat transfer* (U_D) untuk medium organics (Hot Fluid) dan water (Cold Fluid) adalah 50-125 btu/ft².F.

$$\text{Maka, } U_D = 125 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot \text{F}}$$

b. Menentukan Jenis Pendingin

Luas perpindahan panas yang tersedia (Luas Selimut):

$$\begin{aligned} \text{Outside Diameter (OD)} &= 24,7249 \text{ inch} \\ &= 2,0604 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Height Selimut (HS)} &= 36,5248 \text{ inch} \\ &= 3,0437 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= \left(\pi x OD x HS \right) + \left(\frac{\pi}{4} OD^2 \right) \\ &= 23,0243 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas perpindahan panas yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} Q &= \text{dari data neraca panas } (Q_{total}) \\ &= Q_{total} = 259094,0387 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}} \\ &= 245573,7345 \frac{\text{btu}}{\text{jam}} \\ &= 571198,7177 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \end{aligned}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T} \quad A = \frac{245573,7345}{125 \times 83,4885} = 23,5313 \text{ ft}^2$$

$$D_{reaktor} = 2,0292 \text{ ft}^2$$

$$H_{reaktor} = 4,1197 \text{ ft}^2$$

Luas selubung dengan rumus:

$$A^{\circ} = \pi \cdot D_R \cdot h_R + \frac{1}{4} \pi \cdot D_R^2 \quad A_0 = \pi \cdot D_R \cdot h_R + \frac{1}{4} \pi \cdot D_R^2$$

$$= 29,4810 \text{ ft}^2$$

Jika luas transfer panas (A) < luas selubung = menggunakan pendingin **jacket**.

Jika luas transfer panas (A) > luas selubung = menggunakan pendingin *coil*.

6. Merancang Jacket

a. Menghitung Diameter Jacket

$$ID_{jacket} = OD_{shell} + 2 Tj$$

$$= 30 \text{ inch}$$

TJ (*Tebal Jacket*): Luar dinding reaktor sampai bagian dalam dinding jacket.

b. Menghitung Tebal Jacket

$$T_j = \frac{P_{desain} \times r}{f \times E} - (0,6 \times r) + C$$

$$= 0,1476 \text{ inch}$$

Maka, diambil tj standar : 3/16 = 0,1875 inch

c. Menghitung Tebal Head Jacket

$$OD = ID_{shell} + 2 ts = 30,3750$$

$$ID_{standar \ Jacket} = OD_{standar \ jacket} - (2 \times ts_{standar})$$

$$= 31,625 \text{ inch}$$

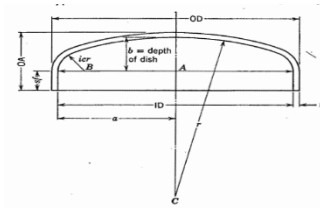
$$W = \frac{1}{4} \left(\sqrt[3]{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$= 0,8145 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal head (th)} &= \left(\frac{P \times icr \times W}{2 \times f \times E} \right) - (0,2 \times P \times c) \\ &= 0,8500 \text{ inch} \end{aligned}$$

Maka, diambil th standar : $7/8 = 0,8750 \text{ inch}$ (Brownell & Young)

d. Menghitung Tinggi Head Jacket



Berdasarkan Tabel 5.4 Brownell & Young (1959) hal. 87 dengan nilai $th \frac{3}{16}$ maka nilai sf nya adalah $1 \frac{1}{2}$ hingga 2.

$$sf = 2 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned} ID_{\text{standar}} &= OD_{\text{standar}} - 2(ts) \\ &= 30,2500 \text{ inch} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan *head* reaktor:

$$a = \frac{ID}{2} = 15,1250 \text{ inch}$$

$$AB = a - icr = 13,1250 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 28,0000 \text{ inch}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = 24,7333 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 5,2667 \text{ inch}$$

$$OA = t_{\text{head}} + b + sf = 8,1417 \text{ inch}$$

$$h_{\text{reaktor}} = 2 h_{\text{head}} + h_{\text{shell}} = 52,8083 \text{ ft}$$

e. Menentukan Tinggi Total

$$h_{\text{cairan}} (Z_L) = 36,5248 \text{ inch}$$

$$h_{\text{head}} = 8,1417 \text{ inch}$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{cairan}} + h_{\text{head}}$$

$$= 44,6665 \text{ inch}$$

f. Menentukan Luas Transfer Panas Jacket

Berdasarkan Brownell & Young (1959) persamaan 8.8 tabel 5.12

$$\begin{aligned} De \text{ Hot Fluid} &= OD + \frac{OD}{42} + 2 sf + \frac{2}{3} icr \\ &= 0,9676 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} De \text{ Cold Fluid} &= (OD - th) + \frac{(OD-th)}{42} + 2 x sf + \frac{2}{3} x icr \\ &= 0,9449 \text{ m} \end{aligned}$$

	Hot Fluid	Cold Fluid
A shell (inch²)	4488,0939	4365,372567
A head (inch²)	2278,45805	2172,559272
A total jacket (inch²)	6766,5519	6537,931839

Luas yang di aliri hot/col fluid = (Total jacket hot fluid – Total jacket cold fluid)

$$= 228,6201 \text{ inch}^2$$

g. Menentukan hi

Diketahui sebagai berikut:

$$Di = \text{Diameter (Reaktor)} = 2,0292 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{Densitas Campuran} = 1409,9752 \text{ kg/jam}$$

$$= 88,0219 \text{ lb/ft}^3$$

$$Cp = \text{Kapasitas panas larutan} = \text{Total } Cp \text{ campuran (neraca panas)}$$

$$= 0,7426 \frac{\text{Btu}}{\text{lb.F}}$$

Di = Diameter pengaduk = 8,1166 *inch*

N = Kecepatan pengaduk = 503 *rpm*

$$= 30190,8671 \text{ rph}$$

k = konduktivitas larutan = Total k campuran (*neraca panas*)

$$= 0,2967 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.ft.F}}$$

μ_w = Viskositas larutan = 1,6113 *cP*

$$= 3,8979 \frac{\text{lb}}{\text{ft.hr}}$$

μ = Viskositas campuran = 3,8979 $\frac{\text{lb}}{\text{ft.hr}}$

Karena $\mu = \mu_w$, maka sama dengan 1

$$= \frac{(0,36 \times \text{Di reaktor})}{k} = 2,4619$$

$$\left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} = 19899,5501$$

$$\left(\frac{c\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} = 3,2518$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = \left(\frac{3,8979}{3,8979}\right)^{0.14} = 1$$

Berdasarkan Kern (1956) persamaan 20.1 sebagai berikut:

$$\frac{h_i D_i}{k} = 0.36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu}\right)^{1/6} \left(\frac{c \mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} \quad h_i = (3,8979 \times 219899,5501 \times 3,2518 \times 1)$$

$$= 159306,6165 \frac{Btu}{ft^2 \cdot hr \cdot F}$$

h. Menentukan hio

$$ID = D1 = \text{diameter dalam reaktor (ID shell)} = 26 \text{ inch}$$

$$= 2,1666 \text{ ft}$$

$$OD = D2 = \text{Diameter Dalam Jacket Pemanas} = 32 \text{ inch}$$

$$= 2,6666 \text{ ft}$$

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

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} = 159306,6165 \left(\frac{2,1666}{2,6666}\right)$$

$$= 129436,6259 \frac{btu}{ft^2 \cdot hr \cdot F}$$

i. Menentukan ho

Diketahui:

$$Lp = Di = 2,0292 \text{ ft}$$

$$N = 8 \text{ rps} = 30190,8671 \text{ rpj}$$

$$\rho \text{ campuran} = 87,9825 \frac{lb}{ft^3}$$

$$\mu \text{ campuran} = 1,6113 \text{ cP} = 3,8994 \frac{lb}{ft \cdot jam}$$

$$Cp = 0,7426 \frac{Btu}{lb.F}$$

$$k = 0,2967 \frac{Btu}{ft.jam.F}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu W}\right) = \left(\frac{3,8994}{1}\right) = 3,8994$$

Berdasarkan Kern (1950), hal: 722, persamaan 20.4:

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D}\right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}\right)^{2/3} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu W}\right)^{0.4}$$

$$h_o = 597,9203 \frac{Btu}{jam.ft^2.F}$$

j. Menentukan Uc

$$Uc = \left(\frac{h_o \times h_o}{h_o + h_o}\right) = \left(\frac{129436,6259 \times 597,9203}{129436,6259 + 597,9203}\right)$$

$$= 595,1709 \frac{Btu}{jam.ft^2.F}$$

k. Menentukan Ud

Berdasarkan (Kern,1950) tabel 12 hal.845 dikelompokkan dalam Organic

Oils (industrial):	Liquids (industrial):
Fuel oil..... 0.005	<u>Organic..... 0.001</u>
Clean recirculating oil..... 0.001	<u>refrigerating liquids, heating,</u>
Machinery and transformer oils 0.001	<u>cooling, or evaporating..... 0.001</u>
Quenching oil..... 0.004	Brine (cooling)..... 0.001
Vegetable oils..... 0.003	Atmospheric distillation units:
Gases, vapors (industrial):	Residual bottoms, less than
Coke-oven gas, manufactured	25°API..... 0.005
gas..... 0.01	Distillate bottoms, 25°API or
Diesel-engine exhaust gas..... 0.01	above..... 0.002
Organic vapors..... 0.0005	Atmospheric distillation units:

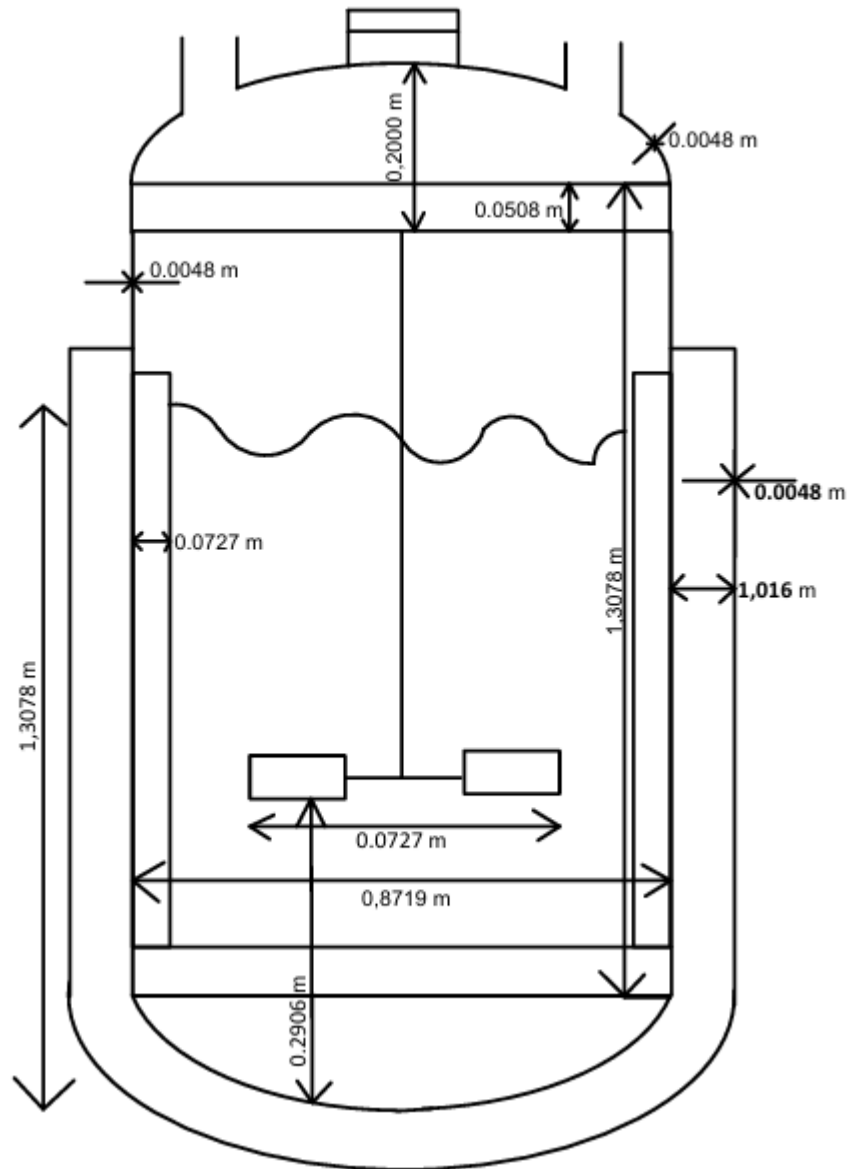
$Rd = 0,001$

$$hD = \left(\frac{1}{Rd}\right) = \left(\frac{1}{0,001}\right)$$

$$= 1000 \frac{Btu}{jam.ft^2.F}$$

$$Ud = \left(\frac{hD \times Uc}{hD + Uc}\right) = \left(\frac{1000 \times 595,1709}{1000 + 595,1709}\right)$$

$$= 373,1079 \frac{tu}{lb.ft^2.F}$$

LAMPIRAN DESAIN REAKTOR (R-01 A)

LAMPIRAN PERANCANGAN REAKTOR-II B

Kode	: R-02 B
Fungsi	: Mereaksikan disodium fosfat (Na_2HPO_4) dan natrium oksida (NaOH) yang membentuk trisodium fosfat (Na_3PO_4)
Fasa	: Cair-cair
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless steel</i> Grade 3 Tipe 304
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i>
1. Suhu (T)	: 90°C
2. Tekanan (P)	: 1 atm
Reaksi	: <i>Eksotermis</i> (melepas panas ke lingkungan)
Konversi	: 95%

1. Neraca Massa

Reaktor Reaksi di reaktor adalah sebagai berikut:



Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/jam	Kg/jam
H_3PO_4	65,5195	65,5195
Na_2CO_3	56,9679	13,9002
Na_2HPO_4	1449,9942	463,6929
H_2O	3909,1966	4048,8475
MgO	2,8772	2,8772
CaO	2,8772	2,8772
Al_2O_3	2,8772	2,8772
Fe_2O_3	2,8772	2,8772
NaOH	388,9991	94,9158
TOTAL	5882,1860	5882,1860

2. Densitas Campuran

Komponen	Massa (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	Fraksi massa	ρ campuran (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
H ₃ PO ₄	65,5195	1.819,2890	0,0591	20,2644	0,0640
Na ₂ CO ₃	56,9679	2.316,8410	0,0531	22,4382	0,0557
Na ₂ HPO ₄	1449,9942	861,0671	0,2204	212,2582	1,4170
H ₂ O	3909,1966	963,0448	0,6652	640,0225	3,8203
MgO	2,8772	3.707,9170	0,0000	1,8137	0,0028
CaO	2,8772	79,6194	0,0005	0,0389	0,0028
Al ₂ O ₃	2,8772	3.002,6580	0,0005	1,4687	0,0028
Fe ₂ O ₃	2,8772	648,5939	0,0005	0,3172	0,0028
NaOH	388,9991	1.885,0110	0,0005	124,6590	0,3801
Na ₃ PO ₄	65,5195	1.120,7090	0,0005	0	0,0000
TOTAL	5882,1860	16.404	1,0000	1023,2809	5,7484

3. Perhitungan Laju Alir

a. Menentukan laju volumetrik (F_{vo})

$$F_{vo} = \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ campuran}} = \frac{5882,1860}{1023,2809}$$

$$= 5,7484 \frac{m^3}{jam} = 5748,3591 \frac{L}{jam}$$

b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

$$\text{Konsentrasi mula"NaOH } (C_{AO}) = \frac{\text{Laju Alir Volumetrik}}{\text{Mol asam fosfat}} = 1,7764 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Konsentrasi mula" Na}_3\text{PO}_4(C_{BO}) = \frac{\text{Laju Alir Volumetrik}}{\text{Mol sodium karbonat}} = 1,6918 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$$

c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

- Reaksi Orde 2
- Reaksi Reversible (searah)
- Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A \exp \left(- \frac{Ea}{T} \right)$$

$$k = 20.744,71 \exp^{-\frac{2467,13}{8,314 \times 363}} = 23,1859 \frac{\text{L}}{\text{gmol.menit}}$$

$$= 23,1859 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol.jam}} \quad (\text{Chemical Engineering Research Vol A})$$

4. Perhitungan Reaktor

a. Menghitung Volume Reaktor

$$\text{Waktu tinggal } (\tau) = \frac{V}{F_{vo}} = 9,2263 \text{ jam}$$

$$= 553,5750 \text{ menit}$$

$$(-r_A) = k \times C_A \times C_B$$

$$= 23,1859 \times 0,0888 \times 0,0888$$

$$= 0,1829 \frac{\text{mol}}{\text{jam}}$$

Maka, didapatkan volume reaktor sebesar:

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{k \cdot C_A C_B}$$

$$= 53,0358 \text{ m}^3$$

1 RATB	
V1	53,0358
X0	0%
XA	95%

2 RATB	
V1	10,8679
V2	10,8679
X0	0%
XA	75,5%
XB	95%

3 RATB	
V1	6,0303
V2	6,0303
V3	6,0303
X0	0%
XA	61%
XB	84%
XC	95%

4 RATB	
V1	4,2657
V2	4,2657
V3	4,2657
V4	4,2657
X0	0%
XA	50%
XB	76%
XC	87%
XD	95%

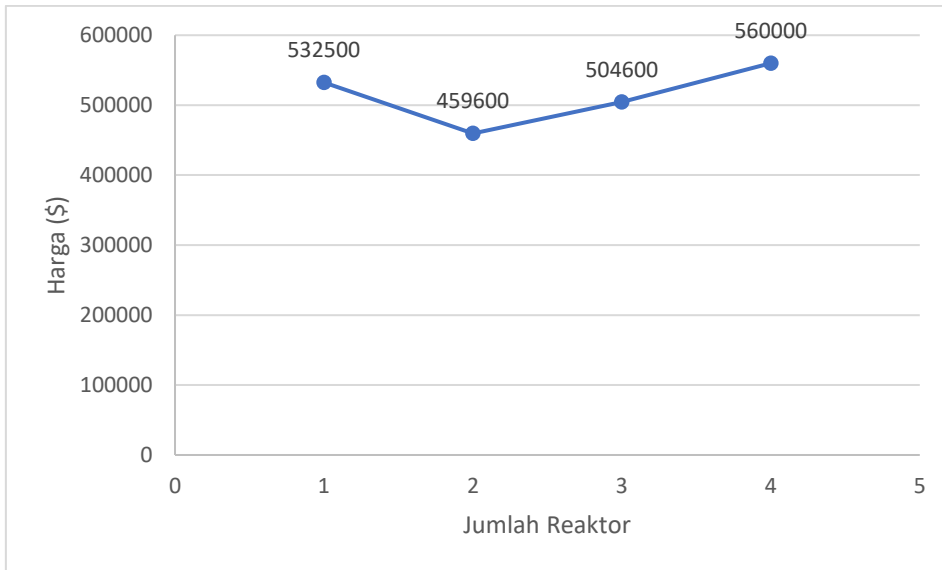
b. Menghitung Optimasi Reaktor

n	V1 (m ³)	V2 (m ³)	V3 (m ³)	V4 (m ³)	X0	XA	XB	XC	XD	V1 (gallon)	V2 (gallon)	V3 (gallon)	V4 (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	53,0358	0	0	0	0%	95%	0	0	0	14010,5741	0	0	0	532500	532500
2	10,8679	10,8679	0	0	0%	75,5%	95%	0	0	2870,9989	2870,9989	0	0	229800	459600
3	6,0303	6,0303	6,0303	0	0%	60,9%	84,2%	95%	0	1593,0368	1593,0368	1593,0368	0	168200	504600
4	4,2657	4,2657	4,2657	4,2657	0%	50%	76%	87%	95%	1126,8908	1126,8908	1126,8908	1126,8908	140000	560000

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Maka, dipilih Stainless Steel SA Grade 3 Type 304 sebagai bahan pembuat reaktor.

Dari data yang ditampilkan dalam tabel optimasi, terlihat bahwa harga reaktor paling ekonomis adalah dengan menggunakan 2 reaktor seri dengan

$$\begin{aligned} \text{Volume Shell} &= 10,8676 \times 1,2 \\ &= 13,0415 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



c. Menghitung Diameter Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reactor 1 : 1,5

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= \frac{\sqrt[3]{4 \times V_{shell}}}{3,14 \times 1,5} \\ &= 18,1686 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian (H)} &= 1,5 \times D \\ &= 18,1686 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan} &= \frac{4 V_{shell}}{\pi D^2} \\ &= 5,8474 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ID_{standar} &= OD - 2(ts_{standar}) \\ &= 227,3750 \text{ inch} \end{aligned}$$

d. Menghitung Dimensi Reaktor

$$P_{total} = P_{hidro} + P_{operasi} = 15,4844 \text{ psi}$$

Dengan menggunakan tekanan overdesign = 20 %

$$\begin{aligned} P_{desain} &= 20\% \times P_{tot} + P_{tot} \\ &= 18,5813 \text{ psi} \end{aligned}$$

e. Menghitung Tebal Shell

$$T_s = \frac{P_{desain} \times r}{f \times E} - (0,6 \times r) + C \quad 0,125$$

$$= 0,2534 \text{ inch}$$

Maka, diambil t_s standar : $5/16 = 0,3125$ inch (Brownell & Young)

f. Menghitung Tebal Head

$$OD = ID_{shell} + 2 t_s$$

$$= 218,6484 \text{ inch}$$

$$W = \frac{1}{4} \left(\sqrt[3]{\frac{r}{icr}} \right) = 0,8191 \text{ inch}$$

$$\text{Tebal head (th)} = \left(\frac{P \times icr \times W}{2 \times f \times E} \right) - (0,2 \times P \times c)$$

$$= 0,1264 \text{ inch}$$

Maka, diambil t_h standar : $3/16 = 0,1875$ inch (Brownell & Young)

g. Menghitung Tinggi Head



Head reaktor dipilih tipe *torispherical flanged & dished head* karena bekerja pada tekanan 1 atm serta tipe reaktor ini memiliki harga instalasi yang cukup ekonomis. $S_f = 2 \text{ inch}$

$$ID_{standar} = OD_{standar} - 2 (t_s) = 34,3250 \text{ inch}$$

Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan *head* reaktor:

$$a = \frac{ID}{2} = 109,0117 \text{ inch}$$

$$AB = a - icr = 95,2617 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 166,2500 \text{ inch}$$

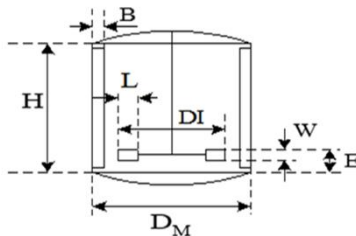
$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = 136,2508 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 43,7492 \text{ inch}$$

$$OA = t_{head} + b + sf = 46,9367 \text{ inch}$$

$$h_{reaktor} = 2 h_{head} + h_{shell} = 311,8969 \text{ inch}$$

h. Menghitung Spesifikasi Pengaduk



Jenis pengaduk bisa ditentukan dari nilai viskositas keluaran reaktor.

$$\text{Viskositas Campuran} = 0,5326 \text{ Cp}$$

$$= 0,000533 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$$

Reaktor menggunakan pengaduk berjenis *marine propeller 3 blade*, dikarenakan nilai viskositas < 3 Cp. Dalam merancang menggunakan referensi dari buku (Brownel, hal 507).

$$Di = \frac{ID}{3} = 72,6745 \text{ inch}$$

$$W = \frac{Di}{5} = 14,5349 \text{ inch}$$

$$L = \frac{Di}{4} = 18,1686 \text{ inch}$$

$$B = \frac{ID}{12} = 18,1686 \text{ inch}$$

$$E = Di \times 1 = 72,6745 \text{ inch}$$

$$H_{cairan} (Z_L) = Di \times 1,5 = 218,0234 \text{ inch}$$

i. Menghitung Kecepatan Pengaduk

$$\text{Specific Gravity (Sg)} = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} = 1,0233$$

Nilai WELH dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} WELH &= S_g \times Z_L \\ &= 1,0223 \times 5,5378 \\ &= 5,6667 \text{ m} \\ &= 18,5916 \text{ ft} \end{aligned}$$

Nilai kecepatan pengaduk dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{600}{\pi \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 Di}} \\ &= 39 \text{ rpm} \\ &= 1 \text{ rps} \end{aligned}$$

j. Menghitung Power Pengaduk

Untuk menghitung nilai power pengaduk, nilai bilangan Reynold perlu dihitung terlebih dahulu dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{NDi^2\rho}{\mu} = \frac{2 \times (6,0562^2) \times 63,8527}{0,000358} \\ &= 4262976,9044 \end{aligned}$$

Berdasarkan McCabe (2005) hal. 253 nilai Reynold ($re > 10000$), nilai power = KT maka $KT = 5.75$ (untuk pengaduk turbine 6 blade).

$$\text{Number Power (Np)} = 6$$

Nilai power pengaduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{N_p \rho N^3 D_i^5}{g_c}$$

$$P = \frac{6 \times 63,8527 \times (1^3) (6,0562^5)}{32,2} = 26805,0078 \text{ ft.} \frac{\text{lb}}{\text{s}} = 48,7315 \text{ HP}$$

Diketahui bahwa efisiensi power sebesar 83 % maka nilai *power aktual*

dapat diperoleh:

$$\text{Power aktual} = \frac{\text{Power}}{\text{Efisiensi power}} = \frac{48,7315}{0,83}$$

$$= 58,7 \text{ HP}$$

Dipilih power standar sebesar = 60 HP

5. Mengidentifikasi Jacket/Coil

a. Menentukan ΔT LMTD

Komponen	Celcius (°C)	Kelvin (K)	Fahrenheit (F)
Th in	90	363,16	194
Th out	90	363,16	194
Tc in	30	303,16	86
Tc out	55	328,16	131

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = 83,4885 \text{ F}$$

* Light organics are fluids with viscosities of less than 0.5 centipoise and include benzene, toluene, acetone, ethanol, methyl ethyl ketone, gasoline, light kerosene, and naphtha.
 † Medium organics have viscosities of 0.5 to 1.0 centipoise and include kerosene, straw oil, hot gas oil, hot chlorinated oil, and some acids.
 ‡ Heavy organics have viscosities above 1.0 centipoise and include cold gas oil, lube oils, fuel oils, reduced grade oils, tars, and asphalt.
 § Dirt factor 0.001.
 ¶ Pressure drop 30 to 30 psi.
 †† These rates are greatly influenced by the operating pressure.

Viskositas Campuran = 0,5326 cP

Dari nilai viskositas campuran hot fluid adalah Medium Organics.

Hot fluid	Cold fluid	Overall U_D
Water	Water	250-500§
Methanol	Water	250-500§
Ammonia	Water	250-500§
Aqueous solutions	Water	250-500§
Light organics*	Water	75-150
Medium organics†	Water	50-125
Heavy organics‡	Water	5-75§
Gases	Water	2-50¶
Water	Brine	100-200
Light organics	Brine	40-100

Dari tabel. 8 buku Kern nilai *overall heat transfer* (U_D) untuk medium organics (Hot Fluid) dan water (Cold Fluid) adalah 50-125 btu/ft².F.

$$\text{Maka, } U_D = 75 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot \text{F}}$$

b. Menentukan Jenis Pendingin

Luas perpindahan panas yang tersedia (Luas Selimut):

$$\begin{aligned} \text{Outside Diameter (OD)} &= 218,6484 \text{ inch} \\ &= 18,2206 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Height Selimut (HS)} &= 218,0234 \text{ inch} \\ &= 18,1685 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= \left(\pi \times OD \times HS \right) + \left(\frac{\pi}{4} OD^2 \right) \\ &= 1300,0858 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Luas perpindahan panas yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} Q &= \text{dari data neraca panas (} Q_{total} \\ &= Q_{total} = 92366,0420 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}} \\ &= 87546,1049 \frac{\text{btu}}{\text{jam}} \\ &= 203630,1763 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \end{aligned}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T} \quad A = \frac{87546,1049}{75 \times 83,4885} = 13,9813 \text{ ft}^2$$

$$D_{rektor} = 18,1686 \text{ ft}^2$$

$$H_{reaktor} = 25,9913 \text{ ft}^2$$

Luas selubung dengan rumus:

$$\begin{aligned} A_0 &= \pi \cdot D_R \cdot h_R + \frac{1}{4} \pi \cdot D_R^2 \\ &= 1741,9160 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jika luas transfer panas (A) < luas selubung = menggunakan pendingin **jacket**.

Jika luas transfer panas (A) > luas selubung = menggunakan pendingin **coil**.

6. Merancang Jacket

a. Menghitung Diameter Jacket

$$\begin{aligned} ID_{jacket} &= OD_{shell} + 2 Tj \\ &= 232 \text{ inch} \end{aligned}$$

b. Menghitung Tebal Jacket

$$\begin{aligned} T_j &= \frac{P_{desain} \times r}{f \times E} - (0,6 \times r) + C \\ &= 0,2534 \text{ inch} \end{aligned}$$

Maka, diambil t_j standar : $5/16 = 0,3125$ inch

c. Menghitung Tebal Head Jacket

$$OD = ID_{shell} + 2 ts = 232,6250$$

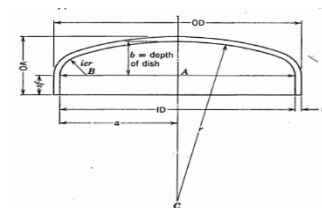
$$\begin{aligned} ID_{standar \ Jacket} &= OD_{standar \ jacket} - (2 \times ts_{standar}) \\ &= 239,375 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{4} \left(\sqrt[3]{\frac{r}{icr}} \right) \\ &= 0,8208 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal head (th)} &= \left(\frac{P \times icr \times W}{2 \times f \times E} \right) - (0,2 \times P \times c) \\ &= 0,8501 \text{ inch} \end{aligned}$$

Maka, diambil th standar : $7/8 = 0,8750$ inch (Brownell & Young)

d. Menghitung Tinggi Head Jacket



Berdasarkan Tabel 5.4 Brownell & Young (1959) hal. 87 dengan nilai $th \frac{3}{16}$ maka nilai sf nya adalah $1 \frac{1}{2}$ hingga 2.

$$Sf = 2 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned} ID_{standar} &= OD_{standar} - 2 (ts) \\ &= 238,2500 \text{ inch} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan *head* reaktor:

$$a = \frac{ID}{2} = 119,1250 \text{ inch}$$

$$AB = a - icr = 104,6875 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 165,5625 \text{ inch}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = 128,2633 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 51,7367 \text{ inch}$$

$$OA = t_{head} + b + sf = 55,6117 \text{ inch}$$

$$h_{reaktor} = 2 h_{head} + h_{shell} = 9,2686 \text{ ft}$$

e. Menentukan Tinggi Total

$$h_{cairan} (Z_L) = 218,0234 \text{ inch}$$

$$h_{head} = 55,6117 \text{ inch}$$

$$h_{total} = h_{cairan} + h_{head}$$

$$= 273,6351 \text{ inch}$$

f. Menentukan Luas Transfer Panas Jacket

Berdasarkan Brownell & Young (1959) persamaan 8.8 tabel 5.12

$$De \text{ Hot Fluid} = OD + \frac{OD}{42} + 2 sf + \frac{2}{3} icr$$

$$= 6,6380$$

$$De \text{ Cold Fluid} = (OD - th) + \frac{(OD - th)}{42} + 2 x sf + \frac{2}{3} x icr$$

$$= 6,6153$$

	Hot Fluid	Cold Fluid
A shell (inch²)	206211,4233	205459,6108
A head (inch²)	107228,2089	106494,3433
A total jacket (inch²)	313439,6323	311953,9541

Luas yang di aliri hot/col fluid = (*Total jacket hot fluid – Total jacket cold fluid*)

$$= = 1485,6782 \text{ inch}^2$$

g. Menentukan hi

Diketahui sebagai berikut:

$$D_i = \text{Diameter reaktor} = 18,1686 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{Densitas Campuran} = 1023,2809 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} = 63,8814 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$C_p = \text{Kapasitas panas larutan} = \text{Total } C_p \text{ campuran (neraca panas)}$

$$= 0,8432 \frac{\text{Btu}}{\text{lb.F}}$$

$$D_i = \text{Diameter pengaduk} = 72,6745 \text{ inch}$$

$$N = \text{Kecepatan pengaduk} = 39 \text{ rpm} = 2345,3906 \text{ rph}$$

$k = \text{kondusktivitas larutan} = \text{Total } k \text{ campuran (neraca panas)}$

$$= 0,2872 \frac{\text{Btu}}{\text{hr.ft.F}}$$

$$\mu_w = \text{Viskositas larutan} = 0,5326 \text{ cP}$$

$$= 1,2884 \frac{\text{lb}}{\text{ft.hr}}$$

$$\mu = \text{Viskositas campuran} = 1,2884$$

Karena $\mu = \mu_w$, maka sama dengan 1

$$= \frac{(0,36 \times Di \text{ reaktor})}{k} = 22,7751$$

$$\left(\frac{L^2 N \rho}{\mu}\right)^{\frac{2}{3}} = 113792,4030$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,2609$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = \left(\frac{1,2884}{1,2884}\right)^{0,14} = 1$$

Berdasarkan Kern (1956) persamaan 20.1 sebagai berikut:

$$hi = (22,7751 \times 113792,4030 \times 1,2609 \times 1)$$

$$= 3267790,747 \frac{Btu}{ft^2} \cdot hr \cdot F$$

h. Menentukan hio

$$ID = D1 = \text{diameter dalam reaktor (ID shell)} = 228 \text{ inch}$$

$$= 18,9992 \text{ ft}$$

$$OD = D2 = \text{Diameter Dalam Jacket Pemanas} = 240 \text{ inch}$$

$$= 19,9992 \text{ ft}$$

$$hio = hi \frac{ID}{OD} = 3267790,747 \left(\frac{18,9992}{19,9992}\right)$$

$$= 3104401,2096 \frac{btu}{ft^2 \cdot hr \cdot F}$$

i. Menentukan ho

$$Lp = Di = 18,1686 \text{ ft}$$

$$N = 39 \text{ rps} = 2345,3906 \text{ rpj}$$

$$\rho \text{ campuran} = 63,8814 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$\mu \text{ campuran} = 0,5326 \text{ cP} = 1,2884 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}$$

$$Cp = 0,8431 \frac{\text{Btu}}{\text{lb.F}}$$

$$k = 0,2872 \frac{\text{Btu}}{\text{ft.jam.F}}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right) = \left(\frac{1,2884}{1}\right) = 1,2884$$

Berdasarkan Kern (1950), hal: 722, persamaan

20.4:

$$h_o = 204,8059 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.F}$$

j. Menentukan U_c

$$\begin{aligned} U_c &= \left(\frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}\right) = \left(\frac{3104401,2096 \times 204,8059}{3104401,2096 + 204,8059}\right) \\ &= 204,7924 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.F} \end{aligned}$$

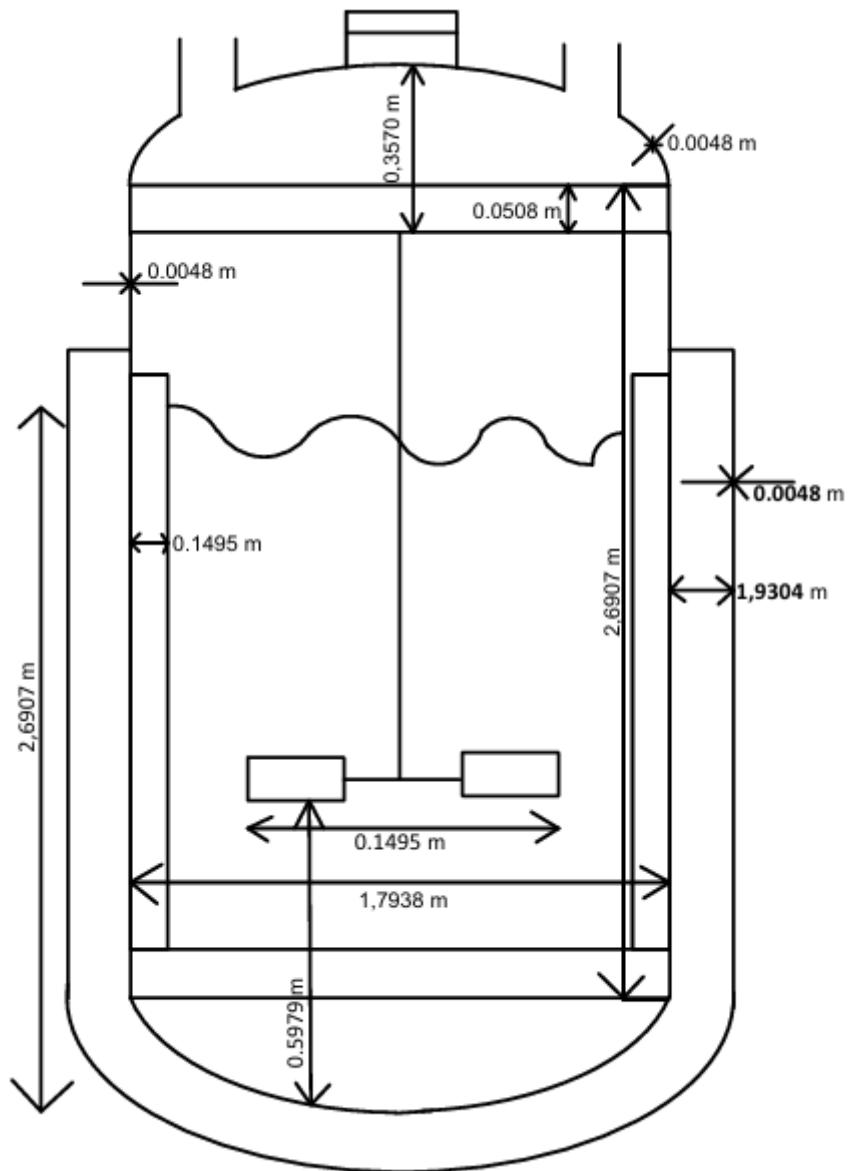
k. Menentukan U_d

Berdasarkan (Kern,1950) tabel 12 hal.845 dikelompokkan dalam **Organic**

$$R_d = 0,001$$

$$\begin{aligned} h_D &= \left(\frac{1}{R_d}\right) = \left(\frac{1}{0,001}\right) \\ &= 1000 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.F} \end{aligned}$$

$$U_d = \left(\frac{h_D \times U_c}{h_D + U_c}\right) = \left(\frac{1000 \times 204,7924}{1000 + 204,7924}\right) = 169,9815 \frac{\text{Btu}}{\text{lb.ft}^2.F}$$

LAMPIRAN DESAIN REAKTOR (R-02 B)

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
(PEFD)

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Nafira Syaninditya Kinanti
 No. Mahasiswa 1 : 20521027
 Nama Mahasiswa 2 : Lani Tiara Ardiyanti
 No. Mahasiswa 2 : 20521060
 Judul Pra rancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Trisodium Fosfat dari dari Asam Fosfat, Sodium Karbonat, dan Sodium Hidroksida dengan Kapasitas 12.000 Ton/Tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024
 Selesai Masa Bimbingan : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21-03-2024	Perkenalan dan diskusi mengenai prarancangan pabrik	<i>He.</i>
2	26-04-2024	Diskusi diagram alir proses	<i>He. He.</i>
3	03-05-2024	Konsultasi tentang spesifikasi bahan baku, dan produk	<i>He. He.</i>
4	08-05-2024	Diskusi mengenai kapasitas produk	<i>He. He.</i>
5	17-05-2024	Konsultasi tentang kinetika reaksi	<i>He. He.</i>
6	21-05-2024	Konsultasi mengenai neraca massa	<i>He. He.</i>
7	28-05-2024	Perbaikan neraca massa	<i>He. He.</i>
8	31-05-2024	Perbaikan neraca massa dan diskusi tentang perhitungan reaktor	<i>He. He.</i>
9	04-06-2024	Pembahasan mengenai reaktor	<i>He. He.</i>
10	11-06-2024	Diskusi seputar perhitungan alat pemisah mixer	<i>He. He.</i>
11	25-06-2024	Perhitungan alat pemisah centrifuge crystallizer	<i>He. He.</i>
12	27-06-2024	Diskusi tentang pompa dan utilitas	<i>He. He.</i>
13	25-07-2024	Perhitungan alat pengangkut screw conveyor	<i>He. He.</i>
14	04-08-2024	Perhitungan alat kecil blower dan heat exchanger	<i>He. He.</i>
15	20-08-2024	Konsultasi mengenai rotary dryer	<i>He. He.</i>
16	26-08-2024	Diskusi mengenai process engineering flow diagram (PEFD)	<i>He.</i>

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 2 September 2024
 Pembimbing,

Arif Hidayat
 (Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.)
 NIP. 005220101