

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA
MONOBASIK KALIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT DAN KALIUM
HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI



Oleh:

DIAH PUSPITA NURMALASARI 121150052

REYNALDO TALULEMBANG 121150125

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA S1
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2021

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA
MONOBASIK KALIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT DAN KALIUM
HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Diajukan kepada Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Guna melengkapi syarat-syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia

Disusun Oleh:

DIAH PUSPITA NURMALASARI 121150052

REYNALDO TALULEMBANG 121150125

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA S1
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA
MONOBASIK KALIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT DAN KALIUM
HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Oleh:


DIAH PUSPITA NURMALASARI 121150052

REYNALDO TALULEMBANG 121150125

Yogyakarta, Februari 2021

Disetujui oleh

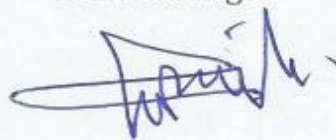
Pembimbing I



Ir. Bambang Sugiarto, MT

NIP. 19630913 199303 1 001

Pembimbing II



Ir. Wasir Nuri, MT

NIP. 19550411 198803 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul "Prarancangan Pabrik Kimia Monobasik Kalium Fosfat dari Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida" dengan kapasitas 30.000 Ton/Tahun. Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta. Penyusunan tugas ini didasarkan atas hasil studi pustaka yang tersedia dan berbagai sumber seperti jurnal, data paten, materi akademik dan sebagainya.

Dengan selesainya Tugas Akhir II ini, penyusun hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendukung dalam segala upaya sehingga penyusun mampu menyelesaikan Tugas Akhir II.
2. Bapak Ir. Bambang Sugiarto, M.T dan Bapak Ir. Wasir Nuri, M.T., selaku dosen pembimbing atas segala ilmu, bimbingan dan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini lewat berbagai cara.

Penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini. Akhir kata penyusun berharap semoga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia ini, dapat bermanfaat bagi penyusun pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, Februari 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
INTISARI	viii
DAFTAR PERTANYAAN DAN SARAN UJIAN LISAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Lokasi Pabrik	1
I.3. Penentuan Kapasitas Produksi.....	2
I.4. Tinjauan Pustaka	3
BAB II PROSES PRODUKSI.....	13
II.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	13
II.2. Proses Pembuatan dan Pemurnian Hasil	15
BAB III NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	40
III.1. Neraca Massa	40
III.2. Neraca Energi.....	45
BAB IV UTILITAS.....	50
IV.1. Kebutuhan Air	51
IV.2. <i>Steam</i>	51
IV.3. <i>Brine</i> (NaCl).....	51
IV.4. Listrik.....	51
IV.5. Freon R134a	51
IV.6. Listrik.....	51
IV.7. Bahan bakar	51
IV.8. Udara tekan dan Udara Kering.....	51
IV.9. Spesifikasi Alat Utilitas.....	51
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	69
V.1. Bentuk badan usaha	69

V.2. Struktur organisasi perusahaan	69
V.3. Rencana kerja karyawan	69
V.4. Sistem penggajian karyawan	72
V.5. Fasilitas dan Jaminan Sosial	72
V.6. Evaluasi Ekonomi	72
BAB VI KESIMPULAN	78
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Grafik perbandingan tahun impor dengan kapasitas.....	3
Gambar II.1 Diagram Alir Kuantitatif.....	16
Gambar II.2 Diagram Alir Kualitatif.....	17
Gambar II.3 Tata Letak Pabrik.....	20
Gambar II.4 Tata Letak Alat Proses.....	21
Gambar IV.1 Unit Pengolahan Air Pabrik Monobasik Kalium Fosfat.....	54
Gambar IV.2 <i>Freon Management System</i>	55
Gambar V.1 Struktur Organisasi.....	74
Gambar V.2 Grafik Penentuan <i>Break Even Point</i>	77

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Ekspor dan Impor MKP di Indonesia.....	2
Tabel I.2 Harga Bahan Baku dan Produk.....	5
Tabel I.3 Perbandingan Pemilihan Proses.....	6
Tabel I.4 Nilai Entalpi Standar dan Energi Gibbs.....	7
Tabel I.5 Kapasitas Panas (Cp) Fungsi Suhu	7
Tabel I.6 Massa, Mol, dan Volume Komponen	11
Tabel III.1 Neraca Massa Mixer 01	40
Tabel III.2 Neraca Massa Mixer 02	40
Tabel III.3 Neraca Massa Reaktor 01	41
Tabel III.4 Neraca Massa Tangki Pelarut 01	41
Tabel III.5 Neraca massa Evaporator.....	42
Tabel III.6 Neraca massa Menara Kristaliser 01.....	42
Tabel III.7 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> 01	43
Tabel III.8 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> 01.....	44
Tabel III.9 Neraca Massa Total.....	45
Tabel III.10 Neraca Energi Mixer 01	45
Tabel III.11 Neraca Energi Mixer 02.....	45
Tabel III.12 Neraca Energi Reaktor 01	46
Tabel III.13 Neraca Energi Tangki Pelarut	46
Tabel III.14 Neraca Energi Evaporator	47
Tabel III.15 Neraca Energi <i>Cooler</i> 01.....	48
Tabel III.16 Neraca Energi Kristaliser 01	48
Tabel III.17 Neraca Energi <i>Centrifuge</i> 01.....	49
Tabel III.18 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> 01	49
Tabel IV.1 Kebutuhan air di dalam pabrik.....	50
Tabel IV.2 Air <i>make up</i> yang diperlukan.....	50
Tabel V.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	71
Tabel V.2 Kesimpulan Analisis Kelayakan	76

INTISARI

Monobasik Kalium Fosfat (MKP) merupakan salah satu jenis senyawa yang sering digunakan sebagai pupuk oleh para petani karena kandungan kalium dan fosfat yang tinggi. Terdapat banyak pupuk kimia yang ada di Indonesia menggunakan MKP sebagai salah satu bahan baku namun produsen MKP di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat tiap tahunnya. Pabrik monobasik kalium fosfat dari asam fosfat dan kalium hidroksida dirancang dengan kapasitas 30.000 ton/tahun yang bekerja selama 330 hari dalam 1 tahun. Bahan baku asam fosfat diperoleh dari Tianjin Yuanlong Chemical Industry Co. Ltd, China, sementara kalium hidroksida diperoleh dari Jiangsu Bohan Industry Trade Co., Ltd, China. Pabrik direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Gresik (KIG), Gresik, Jawa Timur, dengan luas tanah sebesar 12.273 m² dengan jumlah karyawan sebanyak 118 orang.

Reaksi pembuatan MKP terjadi secara eksotermis yang berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk yang diberi jaket pendingin untuk menjaga agar tetap suhu reaktor tetap dalam rentang operasi. Umpam asam fosfat dan kalium hidroksida masuk ke dalam reaktor pada tekanan 1 atm dan suhu 80°C. Hasil keluar reaktor dialirkan menuju Cooler-01 sebelum masuk kristalizer. Produk keluar kristalizer dipisahkan dengan centrifuge. Kristal keluar centrifuge masuk rotary dryer, sedangkan sisa larutan diumpankan menuju kristalizer. Kristal keluaran rotary dryer selanjutnya disimpan dalam silo sebelum masuk proses pengemasan. Untuk mendukung jalannya proses produksi dan operasional pabrik, pabrik membutuhkan unit penunjang yang terdiri dari air sebanyak 51.786,892 kg/jam dengan air make up sebanyak 8.967,976 kg/jam, listrik sebesar 600 kW dari PLN dan generator, bahan bakar solar sebesar 203,74 liter/jam, steam sebanyak 3.195,893 kg/jam, udara tekan sebesar 285,9655 m³/jam, brine NaCl sebanyak 27.827,251 kg/jam dan freon R134a sebesar 3.656,727 kg/jam.

Pabrik ini membutuhkan Fixed Capital \$18.212.154,458 dan Rp 127.803.684.669,- serta Working Capital Rp2.178.843.323.802. Analisis ekonomi pabrik MKP ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 42,34% dan ROI setelah pajak sebesar 33,87%. Nilai POT sebelum pajak adalah 1,911 tahun dan POT setelah pajak adalah 2,280 tahun. DCF rate sebesar 17,7%. BEP sebesar 40,6% dan SDP sebesar 16,7%. Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut, maka pabrik MKP layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: MKP, reaktor alir tangki berpengaduk, asam fosfat, kalium hidroksida

DAFTAR PERTANYAAN DAN SARAN UJIAN LISAN
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA MONOBASIK KALIUM FOSFAT
DARI ASAM FOSFAT DAN KALIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Waktu Pelaksanaan	=	Jumat, 5 Februari 2021. Pukul 07:30 – 11:00 / Daring
Nama peserta ujian	=	Diah Puspita Nurmalasari (121150052) Reynaldo Tallulembang (121150125)
Dosen Pembimbing	=	Ir. Bambang Sugiarto, M.T. Ir. Wasir Nuri, M.T.
Dosen Penguji	=	Ir. Abdullah Kunta-arsa, M.T. Ir. Purwo Subagyo, M.T

A. DAFTAR PERTANYAAN

1. Apa yang melatar belakangi pendirian pabrik MKP ini?

Kadar fosfat dan kalium dalam MKP sangat tinggi, sehingga kebutuhan MKP di Indonesia sejak tahun 2012 semakin meningkat, dan sebagian besar kebutuhan di penuhi dengan adanya MKP impor. Maka dari itu kami merancang pabrik MKP ini.

2. Berdasarkan data ekspor dan impor MKP di Indonesia, Indonesia masih bisa ekspor MKP, mengapa harus impor?

Karena kemungkinan MKP dari luar negeri memiliki spek yang lebih unggul, maka dari itu kebutuhan impor lebih tinggi dari ekspor. Dan kami berusaha membuat spek MKP dari pabrik ini sama seperti spek MKP dari impor.

3. Apa alasan pemilihan lokasi untuk pendirian pabrik ini?

Pemilihan lokasinya mempertimbangkan jalur suplai bahan baku dan distribusi produk. Jawa Timur adalah salah satu provinsi penghasil sayuran dan palawija terbesar di Indonesia. Selain itu, Kawasan Industri Gresik juga dekat dengan akses jalan tol dan pelabuhan untuk mendistribusikan produk.

4. Kenapa bahan bakunya menggunakan impor, bukannya dari dalam negeri?

Bahan baku kami yaitu KOH juga diproduksi di dalam negeri, sebagai hasil samping dari pabrik pupuk urea. Tetapi karena kami tidak bisa menemukan data berapa banyak KOH yang diproduksi sebagai hasil samping dari pabrik-pabrik ini, maka kami memutuskan untuk tidak menggunakan KOH dari dalam negeri sebagai sumber bahan baku utama dan memilih untuk impor.
5. Bagaimana proses pengolahan udara di dalam pabrik ini?

Udara kering diambil dari udara dengan kompresor, pertama dilewatkan pada saringan udara untuk menangkap kotoran dan debu di udara. Kemudian udara dilewatkan dalam tangki silika gel untuk menghilangkan uap air dalam udara. Setelah itu udara untuk kebutuhan udara tekan akan ditekan lagi sampai tekanan operasi, sementara udara untuk kebutuhan udara panas akan dilewatkan pada cerobong *boiler* untuk menaikkan suhunya.
6. Mengapa pada kristalizer digunakan suhu pendinginan 10°C?

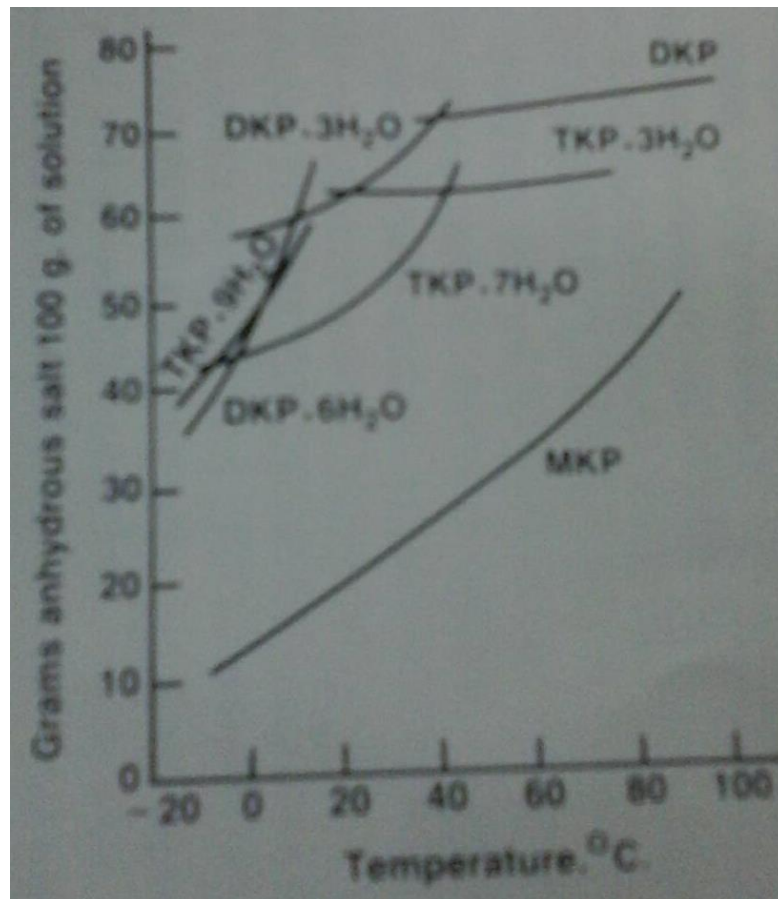
Karena untuk mencapai kondisi lewat jenuh MKP diperlukan pendinginan hingga suhu 10°C, dapat dilihat pada grafik lampiran kelarutan MKP.
7. Mengapa pada proses pendinginan Cooler 01 dan refrigerasi digunakan freon dan brine? mengapa tidak semuanya menggunakan freon?

Jika dalam proses pendinginan dalam Cooler 01 menggunakan freon dan dalam proses refrigerasi menggunakan freon, maka massa freon akan sangat besar, dengan demikian semakin besar pula biaya yang harus dikeluarkan, maka dari itu digunakan alternatif pendingin lain dalam Cooler 01 yaitu menggunakan brine NaCl, dan freon di gunakan hanya pada proses refrigerasi saja, sehingga massa freon yang di butuhkan lebih sedikit dan dapat menekan biaya pengeluaran.
8. Bagaimana cara mengurangi tekanan pada evaporator?

Tekanan pada evaporator dikurangi dengan menggunakan *steam jet ejector*/pompa vakum agar uap yang keluar mampu mencapai kondisi vakum.
9. Apa fungsi tangki pelarut?

Tangki pelarut berfungsi untuk mencampur keluaran reaktor dengan air *recycle* dari *centrifuge* agar homogen saat diumpankan ke dalam evaporator.
10. Bagaimana cara menentukan kelarutan Monobasik Kalium Fosfat?

Kelarutan Monobasik Kalium Fosfat (MKP) dalam air ditentukan berdasarkan grafik kelarutan yang diperoleh dari buku "Encyclopedia of Chemical and Process Design" oleh John J. McKetta.



SARAN

1. Bahan baku sebaiknya dibeli dari dalam negeri, agar biaya bahan baku dapat ditekan dan mengurangi biaya penjualan produk MKP.
2. Jika di Indonesia mampu mengekspor MKP ke luar negeri, sebaiknya perlu dipertimbangkan lagi spek MKP luar negeri yang di impor ke Indonesia. Apakelebihannya sehingga Indonesia tetap impor MKP.
3. Dikarenakan hasil keluaran evaporator memiliki kandungan air yang lebih banyak dari hasil keluaran reaktor, sebainya tidak digunakan tangki pelarut dan evaporator ,alat proses keluaran reaktor langsung menuju cooler 01 dan larutan keluaran centrifuge langsung di recycle ke kristalizer.



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Dalam upaya untuk terus memajukan bangsa Indonesia dan mengembangkan sumber daya, maka bangsa Indonesia terus berupaya untuk terus melakukan peningkatan di berbagai aspek. Untuk meningkatkan kemandirian produksi, kemampuan perekonomian nasional, dan mengurangi ketergantungan terhadap impor, maka industri di Indonesia juga terus didorong agar semakin berkembang. Industri di Indonesia terus berkembang dalam segi kualitas dan kuantitasnya. Indonesia juga dikenal sebagai negara agraris yang mengandalkan pertanian sebagai salah satu andalan ekonomi, namun angka impor pupuk Indonesia cenderung mengalami peningkatan sehingga industri pupuk nasional juga perlu didorong agar berkembang.

Monobasik Kalium Fosfat (MKP) adalah salah satu jenis senyawa yang sering digunakan sebagai pupuk oleh para petani karena kandungan kalium dan fosfat yang tinggi. Melalui rencana perancangan pabrik monobasik kalium fosfat ini diharapkan nantinya dapat meningkatkan ketersediaan pupuk nasional, mengurangi impor, dan juga dapat menjadi sumber devisa negara melalui ekspor ke luar negeri.

I.2. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik, maka dalam menentukan tempat berdirinya perlu didasarkan pada perhitungan yang matang sehingga menguntungkan perusahaan baik dari segi teknis maupun segi ekonominya.

Lokasi yang dipilih untuk Pabrik Monobasik Kalium Fosfat adalah Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur, yang diharapkan dapat memberikan keuntungan sebesar mungkin. Faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik monobasik kalium fosfat ini antara lain: pengadaan bahan baku, pemasaran, letak daerah, sarana transportasi, tenaga kerja dan tenaga ahli, undang-undang dan peraturan, dan faktor geografi.

Bahan baku monobasik kalium fosfat yaitu asam fosfat akan dipenuhi dari *Tianjin Yuanlong Chemical Industry Co. Ltd*, sementara kalium hidroksida akan dipenuhi dari *Jiangsu Bohan Industry Trade Co., Ltd*.



Pemasaran monobasik kalium fosfat ini utamanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pupuk dalam negeri. Kawasan industri Gresik memiliki lahan yang cukup luas dengan fasilitas-fasilitas penunjang seperti pelabuhan, listrik, air, bahan bakar, dan dekat dengan jalan raya. Sarana transportasi darat, udara maupun laut di Gresik terpenuhi dengan adanya jalan tol, Bandara Djuanda, serta Pelabuhan Tanjung Perak. Tenaga kerja dapat terpenuhi dengan mudah mengingat Gresik merupakan wilayah industri dan Jawa Timur adalah provinsi dengan jumlah penduduk yang besar. Mengingat pabrik ini didirikan dalam kawasan industri, sehingga perizinan dari masyarakat setempat dan pemerintah tidak menjadi persoalan. Keadaan iklim dan cuaca di Kabupaten Gresik umumnya baik dengan musim penghujan antara November sampai April, sedangkan musim kemarau terjadi antara bulan Mei sampai Oktober. Dengan temperatur udara antara 20-32°C.

I.3. Penentuan Kapasitas Produksi

Kebutuhan MKP di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan. Pemenuhan kebutuhan MKP dalam negeri sampai saat ini dengan melakukan impor dari beberapa negara. Tingkat kebutuhan Monobasik Kalium Fosfat (MKP) dalam negeri dapat dilihat dari data impor MKP pada perpustakaan Badan Pusat Statistik (BPS), ditunjukkan pada Tabel 1.1.

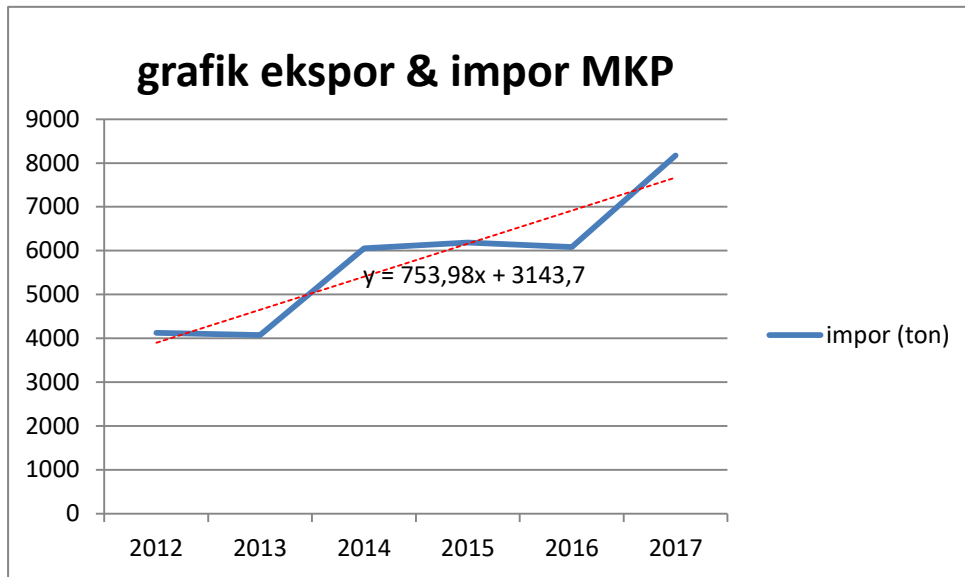
Tabel I.1 Data Ekspor dan Impor MKP di Indonesia

Tahun	jumlah ekspor (ton)	jumlah impor (ton)
2012	59,325	4.124,325
2013	0,025	4.076,480
2014	20,255	6.055,107
2015	101,625	6.184,425
2016	1,951	6.082,748
2017	46,578	8.172,528

(Sumber : BPS, 2018)



Berdasarkan Tabel I.1. diperoleh grafik disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar I.1 Grafik perbandingan tahun impor dengan kapasitas

Dari Gambar 1.1 diperoleh persamaan regresi linear : $y = 753,9x + 3143$. Dengan y adalah kapasitas dalam ton dan x adalah tahun. Pabrik direncanakan akan selesai dibangun dan mulai beroperasi pada tahun 2023, atau tahun ke-12. Maka:

$$\begin{aligned} Y &= 753,9(12) + 3.143 \\ &= 12.189,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka kami menetapkan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun.

I.4. Tinjauan Pustaka

Monobasik Kalium Fosfat dihasilkan dari reaksi asam basa. Senyawa asam yang digunakan dalam pabrik ini yaitu asam fosfat dan basa yang digunakan yaitu kalium hidroksida.

1. Proses Produksi

a. Tinjauan Proses

1. Reaksi Asam Fosfat dengan Kalium Klorida

Bahan baku asam fosfat dan kalium klorida dipanaskan hingga mencapai suhu 265°C kemudian diumpankan ke dalam reaktor dengan perbandingan 1:1,4 mol. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



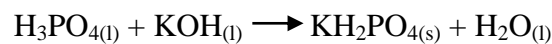
Konversi reaksi mencapai 60%. Hasil samping reaksi berupa HCl dan dikalium fosfat juga dapat terbentuk pada proses ini. Hasil keluaran reaktor yang bersifat asam dinetralkan dengan gas amonia.

Keluaran reaktor dimasukkan ke *dalam dissolution tank* untuk didinginkan dan diumpankan ke evaporator untuk menguapkan larutan, sedangkan bahan baku yang tidak bereaksi diumpankan kembali ke reaktor. (Erickson William dkk. 1988)

2. Reaksi Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida

Reaksi antara asam fosfat dan kalium hidroksida bersifat eksotermis, suhu operasi sebesar 90°C dengan tekanan 1 atm dan konversi sebesar 91% kemudian diumpankan ke dalam reaktor.

Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Hasil keluaran reaktor berupa KH_2PO_4 , H_2O dan sisa reaktan. Keluaran reaktor didinginkan secara alami, kemudian dimasukkan ke dalam *centrifuge* lalu dikeringkan. (Wei dkk. 2011)

Pemilihan Proses

1. Aspek Ekonomis

Pemilihan proses dapat ditinjau secara ekonomis, yaitu dengan cara menghitung potensial ekonomi (PE) masing-masing proses.

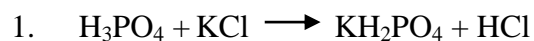


Tabel 1.2 Harga bahan baku dan produk

Komponen	harga (\$/kg)	BM (kg/kgmol)
KOH	0,57	56
KCl	1,43	74,5
HCl	0,95	36,5
H ₃ PO ₄	1,2	98
KH ₂ PO ₄	2,35	136

(sumber: sigmaldrich.com, 2018)

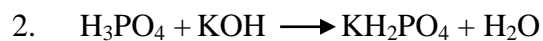
Perhitungan potensial ekonomi kedua reaksi adalah sebagai berikut:



$$\text{PE: } (\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{HCl}) - (\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KCl})$$

$$: (2,35 \text{ \$/kg} * 136 \text{ kg/kgmol} + 0,95 \text{ \$/kg} * 36,5 \text{ kg/kgmol}) - (1,43\text{\$/kg} * 74,5 \text{ kg/kgmol} + 1,2 \text{ \$/kg} * 98 \text{ kg/kgmol})$$

$$: 124,7 \text{ \$/kgmol}$$



$$\text{PE: } (\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}) - (\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KOH})$$

$$: (2,35 \text{ \$/kg} * 136 \text{ kg/kgmol} + 0) - (0,57 \text{ \$/kg} * 56 \text{ kg/kgmol} + 1,2 \text{ \$/kg} * 98 \text{ kg/kgmol})$$

$$: 170 \text{ \$/kgmol}$$

2. Aspek Teknis

Segi teknis ditinjau dengan membandingkan kondisi operasi pada proses 1 dan proses 2 didalam reaktor, kemudian dilakukan penilaian terhadap spesifikasi masing-masing proses dengan kriteria disajikan pada Tabel I.4.

Berikut tabel perbandingan teknis kedua proses:



Tabel 1.3 Perbandingan Pemilihan Proses

Parameter	Proses 1 (KCl)	Proses 2 (KOH)
T (°C)	265 (**)	90 (****)
P (atm)	1 (****)	1 (****)
Fasa	Cair-cair (****)	Cair-cair (****)
Katalis	Tidak ada (****)	Tidak ada (****)
Tipe reaktor	RATB (****)	RATB (****)
Hasil reaksi	60 % konversi (**)	91% konversi (****)
Hasil samping	H ₂ O & HCl (**)	H ₂ O (*)
Total:	* = 22	* = 26

Keterangan:

(****) = sangat baik

(***) = baik

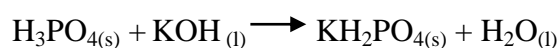
(**) = cukup

(*) = kurang

Berdasarkan perbandingan yang dilakukan, maka prarancangan pabrik dipilih proses 2 yang menggunakan KOH.

a. Tinjauan Termodinamika

Reaksi berlangsung pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm.



Untuk mengetahui apakah reaksi pembentukan monobasik kalium fosfat berjalan eksotermis atau endotermis, dilakukan perhitungan entalpi reaksi total.

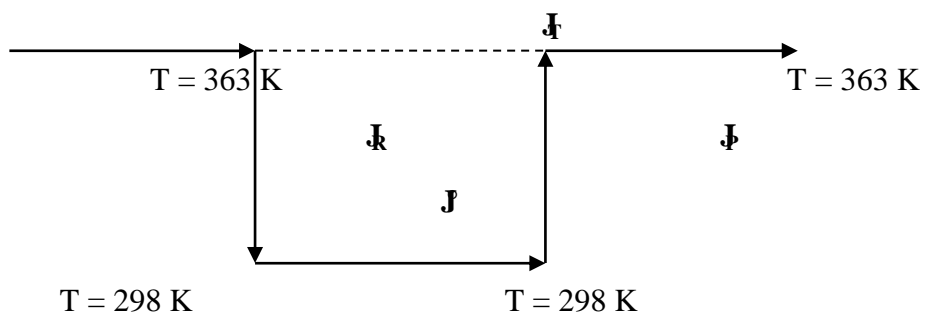


Tabel I.4. Nilai Entalpi Standar dan Energi Gibbs

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/mol)	$\Delta G^{\circ}f$ (kJ/mol)
KOH	-412,71	-322,1
H ₃ PO ₄	-1284,38	-1191,1
KH ₂ PO ₄	-1568,6	-1419,2
H ₂ O	-241,82	-228,64

Tabel I.5. Kapasitas Panas (Cp) Fungsi Suhu

Komponen	Cp (J/mol/K)
KOH	$71,429 + 4,2195 \cdot 10^{-2} \cdot T + 4,5017 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 1,7182 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$
H ₃ PO ₄	$55,20955 + 0,3013 \cdot T - 9,5194 \cdot 10^{-8} \cdot T^2 + 4,231 \cdot 10^{-11} \cdot T^3$
KH ₂ PO ₄	$558,76552 - 0,140026 \cdot T + 2,32478 \cdot 10^{-9} \cdot T^2$
H ₂ O	$92,053 - 3,9953 \cdot 10^{-2} \cdot T - 2,11034 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} \cdot T^3$



$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan}$$

=

$$= \dots$$



Prarancangan Pabrik Kimia Monobasik Kalium Fosfat dari Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

$$\Delta H_R = \int_{298}^{298} C_{p_{reaktan}} dT$$

$$= 298 \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= 298 \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{42.823,2038}{2} - \frac{3866,3988}{2} - \frac{1503,1803}{2} - \frac{1266,8034}{2}$$

$$= 19.043,5000 \text{ kJ} \quad \text{§ kJ} \ll "$$

$$\Delta H_p = \int_{298}^{298} (C_{p_{produk}}) dT$$

$$= 298 \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= 298 \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{42.823,2038}{2} - \frac{3866,3988}{2} - \frac{1503,1803}{2} - \frac{1266,8034}{2}$$

$$= 19.043,5000 \text{ kJ} \quad \text{§ kJ} \ll "$$



Dari hasil perhitungan entalpi reaksi maka diketahui bahwa reaksi bersifat eksotermis.

Untuk mengetahui apakah reaksi berjalan secara spontan atau tidak, dilakukan perhitungan energi Gibbs reaksi. Perubahan energi Gibbs reaksi dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu reaksi dapat berjalan pada suhu tertentu. Pada kesetimbangan termodinamika, penggolongan sederhana berikut dapat digunakan memilah reaksi kimia:

$\Delta G^{\circ} < 0$ reaksi dapat berlangsung

$\Delta G^{\circ} = 0$ reaksi mungkin berlangsung

$\Delta G^{\circ} > 0$ reaksi tidak dapat berlangsung

(Yaws, 1999)

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

$$= \sum \nu_i \Delta G^{\circ}_f(\text{produk}) - \sum \nu_j \Delta G^{\circ}_f(\text{reaktan})$$

$$= \sum \nu_i \Delta G^{\circ}_f(\text{produk}) - \sum \nu_j \Delta G^{\circ}_f(\text{reaktan})$$

$$= \sum \nu_i \Delta G^{\circ}_f(\text{produk}) - \sum \nu_j \Delta G^{\circ}_f(\text{reaktan})$$

Menghitung nilai K_{298}

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

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

$$K_{298} = \frac{\prod a_i^{\nu_i}}{\prod a_j^{\nu_j}}$$

$$K_{298} = \frac{\prod a_i^{\nu_i}}{\prod a_j^{\nu_j}}$$

$$K_{298} = \frac{\prod a_i^{\nu_i}}{\prod a_j^{\nu_j}}$$

Menghitung nilai K_{363} dengan persamaan Van't Hoff

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

$$K_{363} = K_{298} \exp \left[\frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{363} \right) \right]$$



$$K = \frac{f_{\text{H}_2\text{O}} \cdot f_{\text{KH}_2\text{PO}_4}}{f_{\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot f_{\text{KOH}}}$$

$$K = 1,4347 \cdot 10^{27}$$

Nilai konstanta kesetimbangan reaksi sangat besar, sehingga diketahui bahwa reaksi berlangsung searah. Kemudian menghitung energi Gibbs pada suhu 363 K

$$\Delta G = \sum \nu_i \Delta G_f^0$$

$$\Delta G = \Delta G_f^0(\text{KH}_2\text{PO}_4) + \Delta G_f^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta G_f^0(\text{H}_3\text{PO}_4) - \Delta G_f^0(\text{KOH})$$

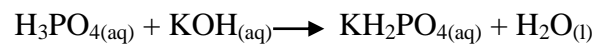
$$\Delta G = -102,2 \text{ kJ/mol} - (-137,2 \text{ kJ/mol}) - (-1127,7 \text{ kJ/mol}) - (-375,9 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G = -102,2 + 137,2 + 1127,7 + 375,9$$

Nilai ΔG kurang dari 50 kJ/mol sehingga reaksi ini dapat berlangsung.

b. Tinjauan Kinetika

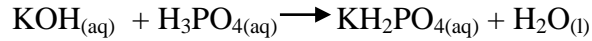
Reaksi pembentukan monobasik kalium fosfat bersifat elementer, dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut:



$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$



Tabel I.6. Massa, Mol, dan Volume Komponen



Komponen	massa (kg)	BM (kg/kmol)	Kmol	Densitas (kg/ m ³)	Volume (m ³)
H ₂ O	657,980	18	36,5494	1.199,9295	0,5483
H ₃ PO ₄	1.000,000	98	10,2041	2.023,0812	0,4943
KOH	550,000	56	9,8214	1.819,0932	0,3023
K ₂ CO ₃	230,35	138,	0,0044	1.815,8922	0,0033
Fe ₂ O ₃	5,263	159	00329	6287,6307	0,0008
SiO ₂	5,263	60	0,0572	2639,4717	0,0020
Total					1,3511

Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

Konversi reaksi = 91%

Waktu reaksi = 60 menit

Suhu reaksi = 90°C

$$\dots\dots\dots = k \cdot C_{A0}^2 (1-XA) \left(\dots\dots\dots \right)$$

$$C_{A0} \dots\dots\dots = k \cdot C_{A0}^2 (1-XA) \left(\dots\dots\dots \right)$$

$$\dots\dots\dots = k \cdot C_{A0} (1-XA) \left(\dots\dots\dots \right)$$

$$\dots\dots\dots = k \cdot C_{A0} \dot{Y}^\circ$$

Selanjutnya, $\dots\dots\dots$ akan dinyatakan dengan simbol 'M'

Ruas kiri diselesaikan dengan integral parsial

$$\frac{\dots\dots\dots}{Xa \quad M \quad Xa} = \frac{A}{Xa} + \frac{B}{M \quad Xa}$$



Diambil pembilang dari masing-masing ruas

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_0} + \frac{1}{x_1} \dots (1)$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_0} + \frac{1}{x_1} \dots (2)$$

Untuk $x^0 = \dots$... (3)

Untuk $x^1 = \dots$
 $A = -B \dots (4)$

Persamaan (4) disubstitusi ke persamaan (3)

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_0} + \frac{1}{x_1} \dots$$

Nilai A dan B dimasukkan kembali ke persamaan integral, kemudian persamaan diselesaikan menjadi:

$$\frac{1}{x} = \frac{a}{x_0} + \frac{1}{x_1} \dots$$

Nilai parameter dimasukkan ke dalam persamaan, diperoleh:

$$k = 0,0847 \text{ m}^3/(\text{kmol} \cdot \text{menit})$$

Kecepatan reaksi pada fungsi suhu menggunakan *ten factor* yang menyatakan kecepatan reaksi naik 2 kali lipat setiap suhu naik 10°C. Dengan linearisasi dan substitusi persamaan, maka diperoleh persamaan berikut:

$$\ln \dots = \dots \text{ m}^3/(\text{kmol} \cdot \text{menit})$$



BAB II

PROSES PRODUKSI

II.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

A. Bahan baku

1. Asam Fosfat

Rumus Molekul	: H_3PO_4
Berat Molekul	: 98 gr/mol
Fase	: Padat
Kemurnian	: 95%
Impurities	: 4% H_2O , 0,5% Fe_2O_3 , 0,5% SiO_2
Densitas	: 1,98 gr/ml
Kelarutan	: Larut dalam air
Cp	: $55,209955 + 0,3013T + 9,52E^{-08}T^2 + 4,23E^{-11}T^3$ (J/kmol.K)
Titik didih	: 158 °C
Titik leleh	: 42 °C
Sifat	: Mudah larut dalam air, tidak mudah terbakar, korosif

(Tianjin Yuanlong Chemical Industry Co. Ltd, China)

2. Kalium Hidroksida

Rumus Molekul	: KOH
Berat Molekul	: 56 gr/mol
Fase	: Padat
Kemurnian	: 90%
Impurities	: 9% H_2O , 1% K_2CO_3
Densitas	: 2,12 gr/ml



Kelarutan	: larut dalam air
Cp	: $71,429 + 4,22E^{-02} T + 4,50E^{-05} T^2 + 1,72E^{-08} T^3$ (J/kmol.K)
Titik didih	: 1327 °C
Titik leleh	: 360 °C
Sifat	: Beracun, stabil, mudah larut dalam air

(Jiangsu Bohan Industry Trade Co., Ltd, China)

B. Produk

1. Monobasik Kalium Fosfat

Rumus Molekul	: KH_2PO_4
Berat Molekul	: 136,086g/mol
Fase	: Padat
Densitas	: 2,338 g/ml
Kelarutan	: 100% larut dalam air
Cp	: $71,429 + 4,22E^{-02} T + 4,50E^{-05} T^2 + 1,72E^{-08} T^3$ (J/kmol.K)
Titik didih	: 400°C
Titik leleh	: 253°C
Sifat	: Beracun, stabil, mudah larut dalam air

(WWW.Smartlab.Co.id)



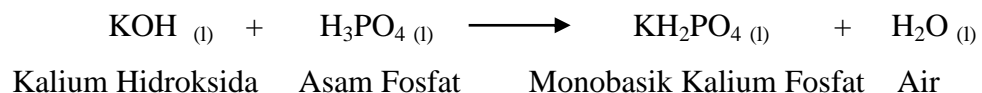
II.2. Proses Pembuatan dan Pemurnian Hasil

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku kalium hidroksida dan asam fosfat padat disimpan di dalam Silo (S-01) dengan kondisi penyimpanan 35°C dan tekanan 1 atm. Kalium hidroksida selanjutnya di larutkan pada suhu 35°C dan tekanan 1 atm dalam Mixer (M-01). Kemudian asam fosfat dilarutkan dalam Mixer sambil dipanaskan (M-02) sampai suhu 35°C dan tekanan 1 atm. Kedua bahan baku keluar mixer, masing-masing diumpankan menuju reaktor (R).

2. Tahap Sintesis

Pada Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R), kalium hidroksida dan asam fosfat bereaksi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan mol kalium hidroksida dan asam fosfat sebesar 1 : 1 diperoleh konversi sebesar 80%. Reaksi yang terjadi :



3. Tahap Pemurnian Produk

Campuran produk keluar Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R) diumpankan menuju tangki pelarut (TP) untuk dilarutkan dengan air dan dicampur dengan *mother liquor* keluaran *Centrifuge* (CF). Campuran ini diumpankan kedalam Evaporator tiga efek (EV) untuk mengurangi kadar airnya sebanyak 90%. Larutan pekat keluar (EV) selanjutnya diumpankan menuju kristalizer (CR) untuk dikristalkan dengan suhu pendinginan kristalizer 10°C. Kristal dan sisa larutan (*mother liquor*) dipisahkan dalam (CF). Kristal keluaran (CF) diumpankan *rotary dryer* (RD) untuk di keringkan sampai kadar air 1% pada produk. Sedangkan, untuk hasil bawah berupa sisa larutan keluar (CF) di-*recycle* menuju (TP). Produk kristal keluar (RD) disimpan dalam silo (SL-03) sebelum masuk unit pengemasan.

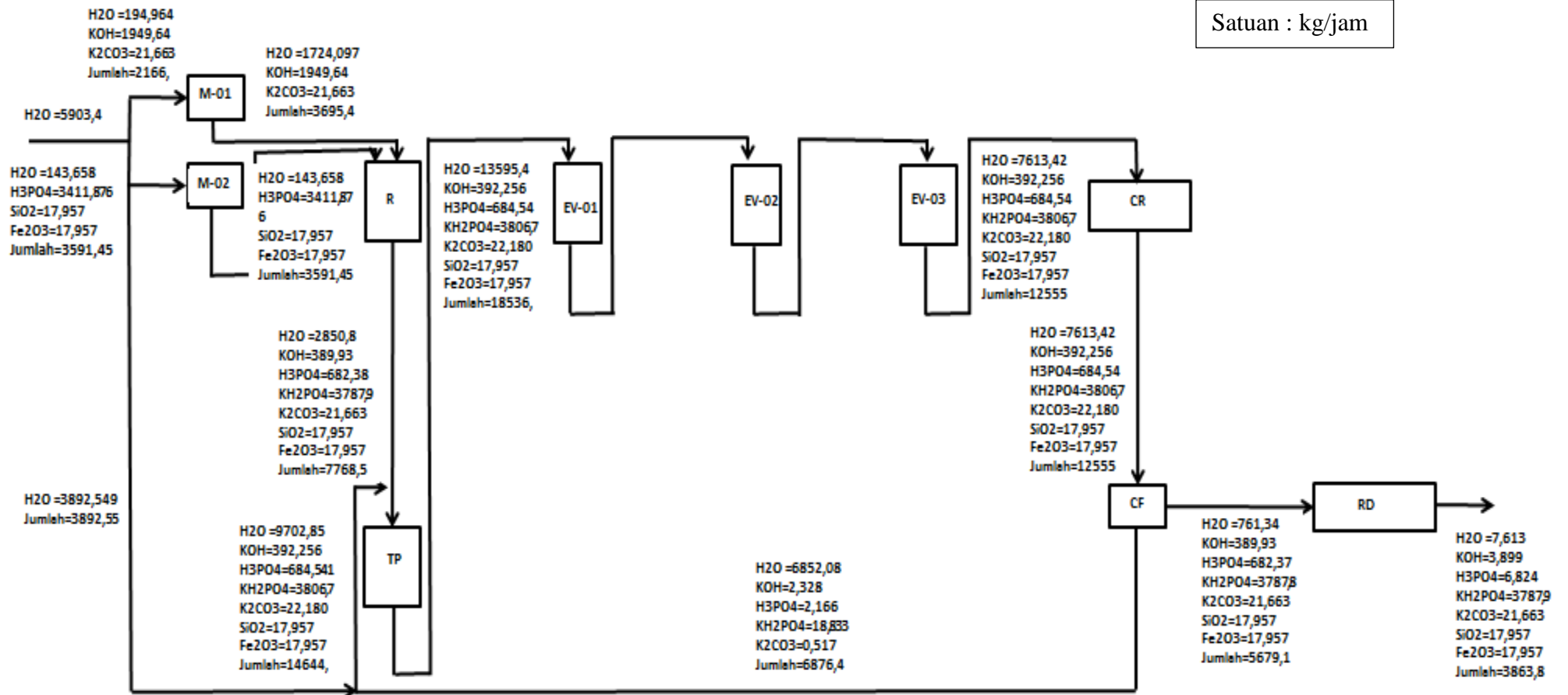
Revisi :

Keluaran reaktor seharusnya langsung diumpankan menuju Kristalizer dengan melalui Cooler -01 terlebih dahulu.



4. Diagram Alir

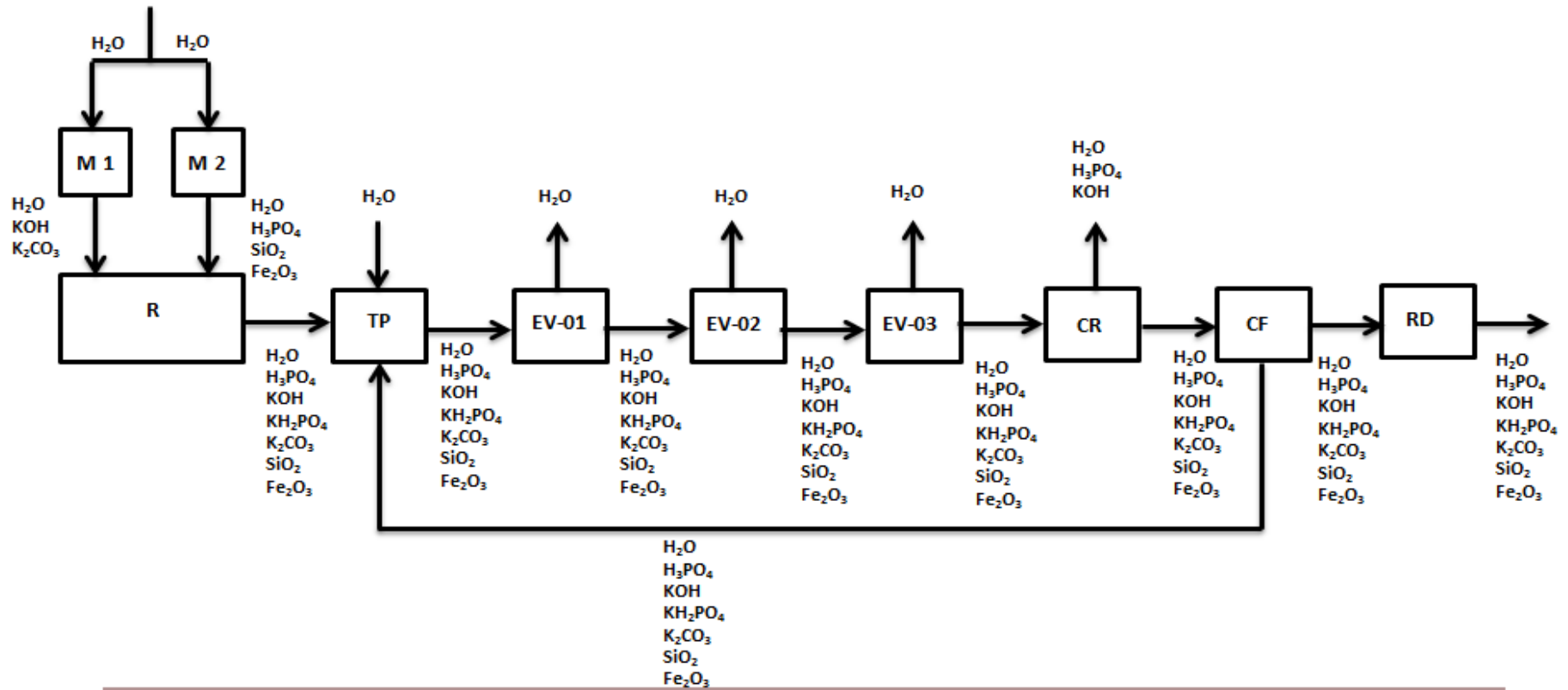
a. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar II.1 Diagram Alir Kuantitatif



b. Diagram Alir Kualitatif



Gambar II.2 Diagram Alir Kualitatif



5. Tata Letak

a. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat karyawan bekerja, tempat peralatan dan tempat menyimpan bahan. Tata letak pabrik yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran para pekerja serta keselamatan dan kelancaran proses. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik :

i. Perluasan pabrik

Perluasan pabrik harus diperhitungkan sebelum masalah kebutuhan tempat menjadi masalah besar di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus harus dipersiapkan untuk perluasan pabrik jika dimungkinkan pabrik menambah kapasitas produksi atau ingin mengolah bahan baku sendiri.

ii. Harga tanah

Harga tanah merupakan faktor yang membatasi kemampuan penyediaan awal. Jika harga tanah tinggi, maka diperlukan efisiensi yang tinggi terhadap pemanfaatan tanah. Pemakaian tempat harus disesuaikan terhadap area yang tersedia.

iii. Kualitas, kuantitas, dan letak bangunan

Kualitas, kuantitas, dan letak bangunan harus memenuhi standar bangunan pabrik meliputi, kekuatan fisik maupun kelengkapannya, misalnya ventilasi, insulasi, dan instalasi. Keteraturan dalam penempatan bangunan akan membantu kemudahan kerja dan perawatan

iv. Faktor keamanan

Faktor yang paling penting adalah keamanan. Walaupun telah dilengkapi dengan peralatan keamanan, seperti hidran, penahan ledakan, dan asuransi pabrik, langkah pencegahan harus tetap dilakukan, misalnya tangki bahan baku, produk, dan bahan bakar harus ditempatkan di area khusus dengan jarak antar ruang yang cukup sehingga dapat meminimalkan potensi terjadinya ledakan dan kebakaran.



v. Fasilitas jalan

Jalan raya yang berfungsi sebagai jalur pengangkutan bahan baku, produk, dan bahan-bahan lainnya sangat diperlukan. Penempatan jalan tidak boleh mengganggu proses dan kelancaran distribusi.

b. Tata Letak Alat

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak alat antara lain, penyusunan peralatan proses alat satu dengan alat yang lainnya harus saling berurutan sesuai dengan urutan kerja dan fungsinya. Selain itu juga harus mempertimbangkan faktor kemudahan dalam pengecekan alat serta keselamatan kerja. Tetapi perlu diperhatikan juga kondisi operasi dari masing-masing alat. Pengaturan alat kontrol dilakukan di dalam ruang kendali (*control room*).

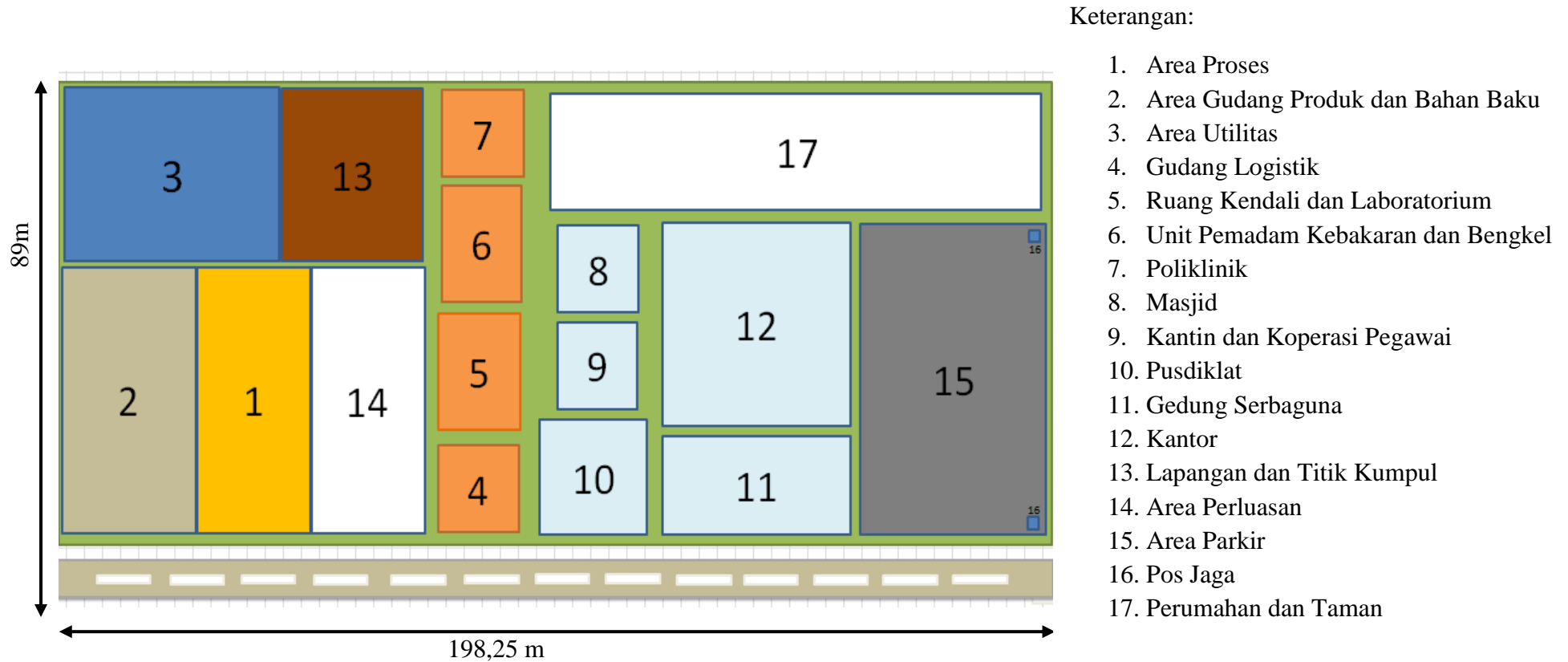
Revisi :

Keluaran reaktor seharusnya langsung di umpankan menuju Kristalizer dengan melalui Cooler -01 terlebih dahulu.

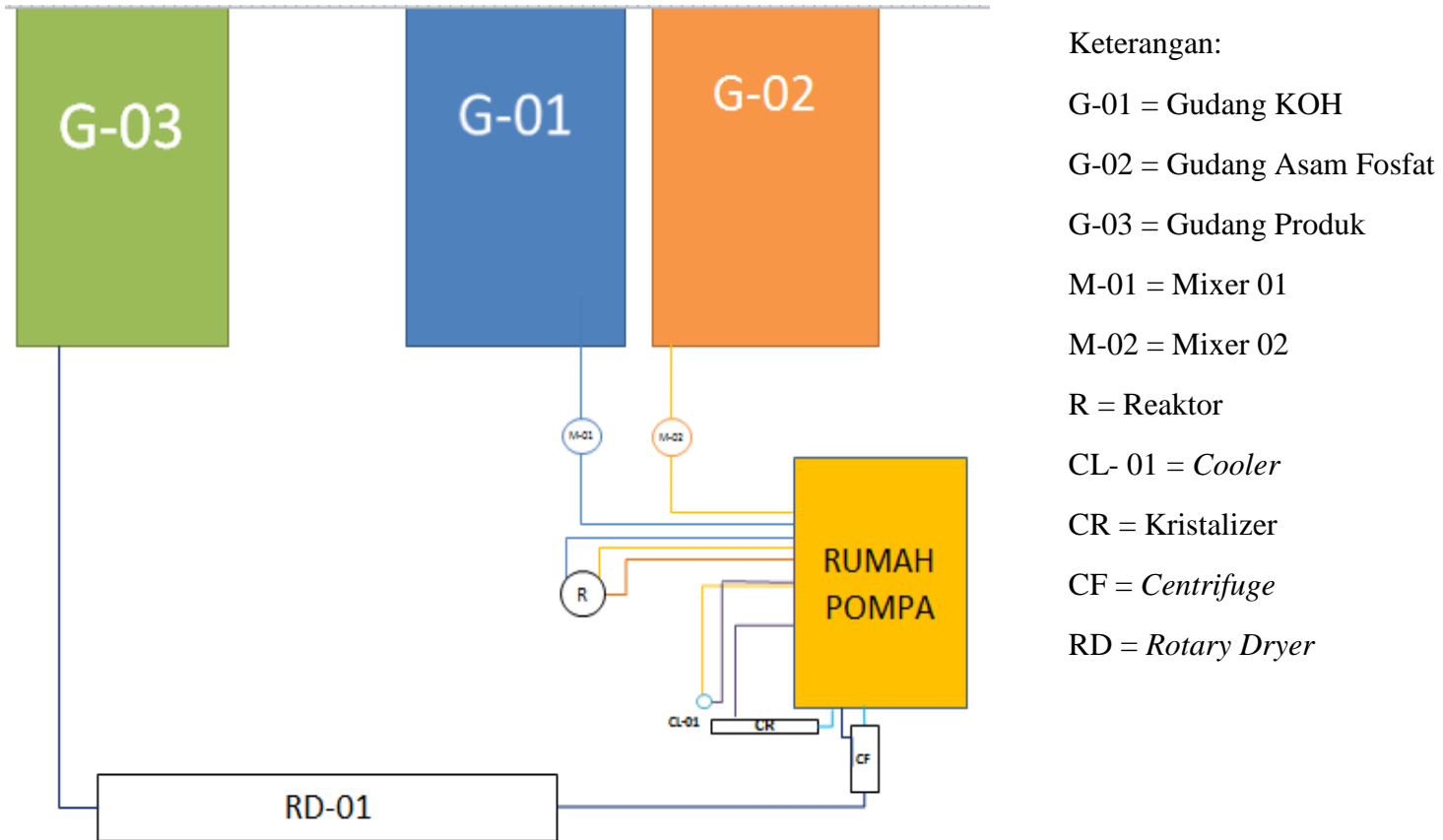
Alat-alat proses seharusnya didesain beroperasi pada suhu rata-rata lingkungan, bukan pada suhu tertinggi.



Prarancangan Pabrik Kimia Monobasik Kalium Fosfat dari Asam Fosfat dan Kalium Hidroksida Kapasitas 30.000 Ton/Tahun



Gambar II.3 Tata Letak Pabrik



Gambar II.4 Tata Letak Alat Proses



6. Spesifikasi alat

a. Alat Penyimpanan

1. Gudang 01 (G-01)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku KOH pada suhu 35 °C dan tekanan 1 atm
Tipe	:	Bangunan
Waktu Penyimpanan	:	1 bulan
Panjang	:	20,091 m
Lebar	:	10,045 m
Tinggi	:	12,100 m
Kapasitas gudang	:	1.559.714,795 kg

2. Gudang 02 (G-02)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku H ₃ PO ₄ pada suhu 35 °C dan tekanan 1 atm
Tipe	:	Bangunan
Waktu Penyimpanan	:	1 bulan
Panjang	:	21,151 m
Lebar	:	10,576 m
Tinggi	:	10,100 m
Kapasitas gudang	:	2.585.842,950 kg

3. Gudang 03 (G-03)

Tugas	:	Menyimpan produk KH ₂ PO ₄ pada suhu 35 °C dan tekanan 1 atm
Tipe	:	Bangunan
Waktu Penyimpanan	:	1 bulan
Panjang	:	21,151 m
Lebar	:	10,576 m
Tinggi	:	10,100 m
Kapasitas gudang	:	2.585.842,950 kg



4. Silo 01 (SL-01)

Tugas : Menampung KOH umpan *mixer-01*
Jenis : Silo silinder vertikal bagian bawah *cone* dan bagian atas tertutup

Waktu Penyimpanan : 5 hari

Kondisi operasi

Suhu : 35 °C
Tekanan : 1 atm

Dimensi

Volume : 210,612 m³
Diameter : 6,126 m
Tinggi : 6,126 m
Tebal *shell* : 0,013 m
Tebal *bottom shell* : 0,013 m
Bahan : *Stainless steel* SA-167 tipe 316

5. Silo 02 (SL-02)

Tugas : Menampung H₃PO₄ umpan *mixer-02*

Jenis : Silo silinder vertikal bagian bawah *cone* dan bagian atas tertutup

Waktu Penyimpanan : 5 hari

Kondisi operasi

Suhu : 35 °C
Tekanan : 1 atm

Dimensi

Volume : 302,513 m³
Diameter : 6,911 m
Tinggi : 6,911 m
Tebal *shell* : 0,013 m
Tebal *bottom shell* : 0,019 m
Bahan : *Stainless steel* SA-167 tipe 316

6. Silo 03 (SL-03)

Tugas : Menampung KH₂PO₄ sebelum dikemas

Jenis : Silo silinder vertikal bagian bawah *cone* dan bagian atas tertutup

Waktu Penyimpanan : 7 hari



Kondisi operasi

Suhu : 35 °C
Tekanan : 1 atm

Dimensi

Volume : 332,742 m³
Diameter : 6,336 m
Tinggi : 6,336 m
Tebal *shell* : 0,016 m
Tebal *bottom shell* : 0,019 m
Bahan : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

b. Alat Utama

1. Mixer 01 (M-01)

Tugas : Melarutkan kristal KOH dengan H₂O
Jenis *mixer* : *Stirred Tank Mixer*
Jumlah *mixer* : 1 buah
Suhu : 35 °C
Tekanan : 1 atm
Waktu tinggal : 1 jam

Ukuran Tangki

Jenis : *Vertical cylindrical*
Volume cairan : 3,100 m³
Volume *mixer* : 3,720 m³
Tebal *shell* : 0,005 m
Diameter luar tangki : 1,676 m
Diameter dalam tangki : 1,667 m
Tinggi total *mixer* : 2,698 m
Bahan : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

Ukuran head

Tebal *head* : 0,006 m
Tinggi *head* : 0,365 m
Jenis *head* : *Torispherical head*
Bahan : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

Pengaduk Mixer

Jenis : *Flat Blade Turbine Impellers*
Diameter : 0,556 m
Jumlah *blade* : 6 buah
Jumlah *baffle* : 4 buah
Lebar *baffle* : 0,139 m
Panjang *blade impeller* : 0,139 m



Lebar <i>blade impeller</i>	: 0,111 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>
Tebal <i>blade impeller</i>	: 0,005 m
Putaran	: 155 rpm
Power motor pengaduk	: 10 HP

Pendingin

Jenis pendingin	: <i>Coil</i>
Media pendingin	: <i>Water</i>
Luas transfer panas	: 19,424 m ²
Kebutuhan pendingin	: 12.565,726 kg/jam
Kecepatan volumetrik	: 12,339 m ³ /jam
Panjang pipa coil	: 69,548 m
Jumlah lilitan <i>coil</i>	: 19 lilitan
Tinggi tumpukan lilitan	: 1,677 m

2. Mixer 02 (M-02)

Tugas	: Melarutkan kristal H ₃ PO ₄ dengan H ₂ O
Jenis <i>mixer</i>	: <i>Stirred Tank Mixer</i>
Jumlah <i>mixer</i>	: 1 buah
Suhu	: 35 °C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 1 jam

Ukuran Tangki

Jenis	: <i>Vertical cylindrical</i>
Volume cairan	: 2,719 m ³
Volume <i>mixer</i>	: 3,785 m ³
Tebal <i>shell</i>	: 0,005 m
Diameter luar tangki	: 1,676 m
Diameter dalam tangki	: 1,667 m
Tinggi total <i>mixer</i>	: 2,393 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>

Ukuran head

Tebal <i>head</i>	: 0,006 m
Tinggi <i>head</i>	: 0,365 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical head</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>

Pengaduk Mixer

Jenis	: <i>Flat Blade Turbine Impellers</i>
Diameter	: 0,556 m
Jumlah <i>blade</i>	: 6 buah



Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Lebar <i>baffle</i>	: 0,139 m
Panjang <i>blade impeller</i>	: 0,139 m
Lebar <i>blade impeller</i>	: 0,111 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>
Tebal <i>blade impeller</i>	: 0,005 m
Putaran	: 155 rpm
Power motor pengaduk	: 15 HP

Pemanas

Jenis pemanas	: <i>Jacketed</i>
Media pemanas	: <i>Steam</i>
Luas transfer panas	: 0,684 m ²
Kebutuhan pemanas	: 32,379 kg/jam
Diameter dalam jaket	: 3,320 m
Diameter luar jaket	: 3,333 m
Tebal dinding jaket	: 0,006 m
Jarak antar <i>shell</i>	: 3,320 m
Tinggi jaket	: 1,680 m

3. Reaktor (R-01)

Tugas	: Mereaksikan asam fosfat (H ₃ PO ₄) dan kalium hidroksida (KOH) menjadi Monobasik Kalium Fosfat (KH ₂ PO ₄) dan air (H ₂ O)
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Jumlah	: 1 buah

Kondisi operasi

Suhu	: 80 °C
Tekanan	: 1 atm
Konversi	: 80%
Waktu tinggal	: 0,943 jam

Ukuran tangki

Jenis	: <i>Vertical cylindrical</i>
Volume cairan	: 5,486 m ³
Volume reaktor	: 6,583 m ³
Tebal <i>shell</i>	: 0,008 m
Diameter luar tangki	: 1,981 m
Diameter dalam tangki	: 1,965 m
Tinggi total reaktor	: 3,195 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>



Ukuran head

Tebal head	: 5/16 in
Tinggi head	: 0,417 m
Jenis head	: <i>Torishperical head</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>

Pengaduk Reaktor

Jenis	: <i>Flat Blade Turbine Impellers</i>
Diameter	: 0,655 m
Jumlah blade	: 6 buah
Jumlah baffle	: 4 buah
Lebar baffle	: 0,164 m
Panjang blade impeller	: 0,164 m
Lebar blade impeller	: 0,131 m
Putaran	: 155 rpm
Power motor pengaduk	: 30 HP

Pendingin

Jenis pendingin	: <i>Jacketed</i>
Media pendingin	: <i>Water</i>
Luas transfer panas	: 1,689 m ²
Kebutuhan pendingin	: 4.308,544 kg/jam
Diameter dalam jaket	: 2,511 m
Diameter luar jaket	: 2,530 m
Tebal dinding jaket	: 0,010 m
jarak antar shell	: 0,265 m
Tinggi jaket	: 2,360 m

4. Tangki Pelarut (TP-01)

Tugas	: Melarutkan keluaran reaktor dan arus <i>recycle</i>
Jenis	: Tangki Berpengaduk
Jumlah	: 1 buah

Kondisi operasi

Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 1 jam

Ukuran tangki

Jenis	: <i>Vertical cylindrical</i>
Volume cairan	: 16,312 m ³
Volume reaktor	: 22,712 m ³



Tebal <i>shell</i>	: 0,006 m
Diameter luar tangki	: 3,048 m
Diameter dalam tangki	: 3,035 m
Tinggi total reaktor	: 4,270 m
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>

Ukuran head

Tebal <i>head</i>	: 0,010 m
Tinggi <i>head</i>	: 0,620 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Torishperical head</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 tipe 316</i>

Pengaduk Tangki

Jenis	: <i>Flat Blade Turbine Impellers</i>
Diameter	: 1,012 m
Jumlah <i>blade</i>	: 6 buah
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Lebar <i>baffle</i>	: 0,253 m
Panjang <i>blade impeller</i>	: 0,253 m
Lebar <i>blade impeller</i>	: 0,202 m
Putaran	: 68 rpm
<i>Power motor pengaduk</i>	: 15 HP

5. Evaporator

Tugas	: Memekatkan larutan KH_2PO_4 dengan menguapkan H_2O sampai larutan menjadi jenuh.
Jenis	: <i>Short-tube Vertical Evaporator</i>
Jumlah	: 3 buah

Kondisi operasi

Effect 1

Suhu	: 113,3°C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 1 jam
Beban panas total	: 6.847.559,980 kJ/jam

Effect 2

Suhu	: 98,40°C
Tekanan	: 0,945 atm
Waktu tinggal	: 1 jam
Beban panas total	: 3.480.230,427 kJ /jam

Effect 3

Suhu	: 83,26°C
Tekanan	: 0,533 atm
Waktu tinggal	: 1 jam
Beban panas total	: 3.466.799,854 kJ/jam



6. Kristaliser

Tugas	:	Mengkristalkan KH_2PO_4 dengan proses pendinginan
Jenis	:	<i>Swenson-walker Crystallizer</i>
Jumlah kristaliser	:	1 buah

Kondisi operasi

Suhu	:	10 °C
Tekanan	:	1 atm
Waktu tinggal	:	0,151 jam

Dimensi kristaliser

Diameter	:	0,610 m
Panjang	:	4,897 m
Daya Motor	:	0,5 HP

Pendinginan kristaliser

Media pendingin	:	<i>Brine</i> (larutan garam 25%)
Kebutuhan pendingin	:	27.817,251 kg/jam
Luas transfer panas	:	18,111 m ²
Diameter jaket	:	1,051 m
Jarak <i>shell</i> jaket	:	0,441 m

7. Centrifuge

Tugas	:	Memisahkan KH_2PO_4 kristal yang terbentuk dari <i>Crystallizer</i> dengan <i>mother liquor</i> yang tidak mengkristal.
-------	---	---

Jenis	:	<i>Continuous Decanter Centrifuge</i>
Jumlah	:	1 buah

Kondisi operasi

Suhu	:	10 °C
Tekanan	:	1 atm
Waktu operasi	:	6,363 menit
Waktu tinggal	:	1 jam

Dimensi

Panjang	:	3,048 m
Luas area	:	0,030 m ²
Volume	:	1,044 m ³
Kecepatan putar	:	2.700 rpm
Daya Motor	:	200 HP
Tipe rotor	:	<i>Scroll Conveyor (solid bowl)</i>
Tipe <i>Solid removal</i>	:	<i>Continous screw conveyor</i>

Ukuran bowl

Diameter <i>bowl</i>	:	0,76 m
----------------------	---	--------



Panjang <i>bowl</i>	: 0,762 m
Volume <i>bowl</i>	: 0,002 m ³
Effisiensi solid <i>bowl</i>	: 60 %
Tegangan <i>bowl</i>	: 0,061 psi
Ukuran silinder	
Panjang silinder	: 2,286 m
Volume silinder	: 1,042 m ³

8. *Rotary Dryer*

Tugas	: Meringkan kristal KH_2PO_4 sampai kadar air mencapai 1%
Jenis	: <i>Direct Heat Rotary Dryer</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	
Suhu	: 160°C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 46,763 menit
Dimensi	
Volume <i>rotary dryer</i>	: 200,397 m ³
Luas penampang	: 9,084 m ²
Panjang <i>rotary dryer</i>	: 22,060 m
Diameter <i>rotary dryer</i>	: 3,402 m
Daya Motor Penggerak	: 1 HP
Udara pengeringan	
Suhu <i>Input</i> (T_{s1})	: 35,00°C
Suhu <i>Output</i> (T_{s2})	: 160,00°C
Suhu udara <i>input</i> (T_{g1})	: 165,00°C
Suhu udara <i>output</i> (T_{g2})	: 125,26°C
Suhu Kesetimbangan (T_w)	: 45,78°C
Kecepatan udara masuk	: 15.597,932 kg/jam
Fluks massa udara	: 0,50 kg/m ² .s

Revisi :

Keluaran reaktor seharusnya langsung di umpankan menuju Kristalizer dengan melalui Cooler -01 terlebih dahulu.

Alat-alat proses seharusnya didesain beroperasi pada suhu rata-rata lingkungan, bukan pada suhu tertinggi.



c. Alat Penukar Panas

1. Cooler 01 (CL-01)

Tugas	: Mendinginkan cairan keluar dari evaporator dengan fluida pendingin berupa air.
Jenis	: <i>Double-pipe Heat Exchanger</i>
Kondisi Operasi	
Suhu masuk	: 83,26 °C
Suhu operasi	: 35,00 °C
Tekanan	: 1 atm
Beban panas cooler	: -293.186,467 kJ/jam
Kebutuhan air pendingin	: 7.011,051 kg/jam
Nilai Rd	: 0,003
Dimensi	
Panjang Pipa	: 4,572 m
Diameter Annulus	: 0,102 m
Diameter Pipa	: 0,078 m

d. Alat Transportasi

1. Pompa 01 (P-01)

Tugas	: Mengalirkan larutan KOH dari <i>mixer</i> 01 ke reaktor.
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi operasi	
Suhu	: 80°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 3,10 m ³ /jam
Dimensi pompa	
Diameter dalam pipa	: 0,027 m
Diameter luar pipa	: 0,034 m
Panjang pipa	: 72,00 m
<i>Head</i> total	: 10,67 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 29%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 1,5 HP



2. Pompa 02 (P-02)

Tugas : Mengalirkan larutan H_3PO_4 dari *mixer-02* ke reaktor.

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : $80^\circ C$

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : $2,73 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,027 m

Diameter luar pipa : 0,034 m

Panjang pipa : 64,50 m

Head total : 20 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 30%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 3 HP

3. Pompa 03 (P-03)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari reaktor ke tangki pelarut

Jenis : *Twin rotor screw pump*

Kondisi operasi

Suhu : $104,3^\circ C$

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : $5,443 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m

Diameter luar pipa : 0,048 m

Panjang pipa : 67,00 m

Head total : 13,26 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 40%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 3 HP



4. Pompa 04 (P-04)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari tangki pelarut ke evaporator 01.

Jenis : *Twin rotor screw pump*

Kondisi operasi

Suhu : 86,9°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 16,43 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,053 m

Diameter luar pipa : 0,060 m

Panjang pipa : 74,08 m

Head total : 19,11 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 60%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 5 HP

5. Pompa 05 (P-05)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari evaporator 01 ke evaporator 02.

Jenis : *Twin rotor screw pump*

Kondisi operasi

Suhu : 113,3°C

Tekanan : 0,945 atm

Kapasitas : 15,58 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,053 m

Diameter luar pipa : 0,06 m

Panjang pipa : 67,1 m

Head total : 16,12 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 60%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 5 HP



6. Pompa 06 (P-06)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari evaporator 02 ke evaporator 03.

Jenis : *Twin rotor screw pump*

Kondisi operasi

Suhu : 98,4°C

Tekanan : 0,533 atm

Kapasitas : 5,443 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m

Diameter luar pipa : 0,048 m

Panjang pipa : 93,33 m

Head total : 19,00 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 60%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 5 HP

7. Pompa 07 (P-07)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari evaporator 03 ke kristaliser.

Jenis : *Twin rotor screw pump*

Kondisi operasi

Suhu : 83,3°C

Tekanan : 0,533 atm

Kapasitas : 10,22 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m

Diameter luar pipa : 0,048 m

Panjang pipa : 87,25 m

Head total : 18,36 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 50%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 5 HP

8. Pompa 08 (P-08)

Tugas : Mengalirkan larutan keluar dari kristaliser ke *centrifuge*.

Jenis : *Twin rotor screw pump*



Kondisi operasi

Suhu	: 10,0°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 9,56 m ³ /jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa	: 0,041 m
Diameter luar pipa	: 0,048 m
Panjang pipa	: 93,13 m
Head total	: 17,78 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 50%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 5 HP

9. Pompa 09 (P-09)

Tugas	: Mengalirkan <i>mother liquor</i> dari <i>centrifuge</i> kekristalizer
Jenis	: <i>Twin rotor screw pump</i>

Kondisi operasi

Suhu	: 10°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 6,59 m ³ /jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa	: 0,041 m
Diameter luar pipa	: 0,048 m
Panjang pipa	: 67,7 m
Head total	: 14,12 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 38%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 2 HP

10. Bucket Elevator 01 (BE-01)

Tugas	: Mengangkut KOH dari <i>screw conveyor</i> 01 menuju silo 01.
Jenis	: <i>Centrifugal – discharge spaced bucket</i>

Dimensi

Kapasitas	: 5,0 ton/jam
Ukuran <i>bucket</i>	: 6 in × 4 in × 4,5 in
Kapasitas maksimal	: 14 ton /jam



Lebar <i>belt</i>	: 7 in
Kecepatan	: 43 rpm
Ketinggian maksimal	: 50 ft
Daya penggerak	: 1 HP

11. *Bucket Elevator 02 (BE-02)*

Tugas : Mengangkut KOH dari *screw conveyor* 02 menuju hopper 01.

Jenis : *Centrifugal – discharge spaced bucket*

Dimensi

Kapasitas	: 5,0 ton/jam
Ukuran <i>bucket</i>	: 6 in × 4 in × 4,5 in
Kapasitas maksimal	: 14 ton /jam
Lebar <i>belt</i>	: 7 in
Kecepatan	: 43 rpm
Ketinggian maksimal	: 25 ft
Daya penggerak	: 1 HP

12. *Bucket Elevator 03 (BE-03)*

Tugas : Mengangkut H₃PO₄ dari *screw conveyor* 03 menuju silo 02.

Jenis : *Centrifugal – discharge spaced bucket*

Dimensi

Kapasitas	: 5,0 ton/jam
Ukuran <i>bucket</i>	: 6 in × 4 in × 4,5 in
Kapasitas maksimal	: 14 ton /jam
Lebar <i>belt</i>	: 7 in
Kecepatan	: 43 rpm
Ketinggian maksimal	: 50 ft
Daya penggerak	: 1 HP

13. *Bucket Elevator 04 (BE-04)*

Tugas : Mengangkut H₃PO₄ dari *screw conveyor* 04 menuju hopper 02.

Jenis : *Centrifugal – discharge spaced bucket*

Dimensi

Kapasitas	: 5,0 ton/jam
Ukuran <i>bucket</i>	: 6 in × 4 in × 4,5 in
Kapasitas maksimal	: 14 ton /jam
Lebar <i>belt</i>	: 7 in
Kecepatan	: 43 rpm
Ketinggian maksimal	: 25 ft
Daya penggerak	: 1 HP



14. Bucket Elevator 05 (BE-05)

Tugas : Mengangkut produk dari *screw conveyor* 06 menuju silo 03.

Jenis : *Centrifugal – discharge spaced bucket*

Dimensi

Kapasitas : 5,0 ton/jam
Ukuran *bucket* : 6 in × 4 in × 4,5 in
Kapasitas maksimal : 14 ton /jam
Lebar *belt* : 7 in
Kecepatan : 43 rpm
Ketinggian maksimal : 50 ft
Daya penggerak : 1 HP

15. Belt Conveyor 01 (BC-01)

Tugas : Mengangkut produk dalam kemasan dari unit *packer* ke gudang 03.

Jenis : *Throughed belt on continous plate*

Dimensi

Kapasitas umpan : 3,86 ton/jam
Kapasitas umpan maksimal : 98 ton/jam
Bahan konstruksi : *Reinforced rubber or balata belt*
Lebar *belt* : 24 in
Panjang *belt* : 40 ft
Kecepatan *conveyor* : 50 ft
Daya penggerak : 25 HP

16. Screw Conveyor 01 (SC-01)

Tugas : Mengangkut KOH padat dalam gudang 01 ke *bucket elevator 01* untuk dimasukkan ke silo 01.

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

Kondisi Operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal : 5 ton/jam
Panjang maksimal : 30 ft
Diameter *flight/sirip* : 9 in
Diameter pipa tengah : 2,5 in
Diameter poros : 2 in
Putaran : 40 rpm
Daya penggerak : 0,85 HP



17. Screw Conveyor 02 (SC-02)

Tugas : Mengangkut Mengangkut KOH dari silo 01 ke *bucket elevator* 02 untuk menuju ke *mixer* 01.

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

Kondisi Operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal : 5 ton/jam

Panjang maksimal : 30 ft

Diameter *flight*/sirip : 9 in

Diameter pipa tengah : 2,5 in

Diameter poros : 2 in

Putaran : 40 rpm

Daya penggerak : 0,85 HP

18. Screw Conveyor 03 (SC-03)

Tugas : Mengangkut H₃PO₄ padat dari gudang 02 ke *bucket elevator* 03 untuk dimasukkan ke silo 02.

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

Kondisi Operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal : 5 ton/jam

Panjang maksimal : 30 ft

Diameter *flight*/sirip : 9 in

Diameter pipa tengah : 2,5 in

Diameter poros : 2 in

Putaran : 40 rpm

Daya penggerak : 0,85 HP

19. Screw conveyor 04 (SC-04)

Tugas : Mengangkut H₃PO₄ padat dari silo 02 ke *bucket elevator* 04 untuk menuju ke *mixer* 02.

Jenis : *Horizontal screw conveyor*

Kondisi Operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal : 5 ton/jam

Panjang maksimal : 30 ft



Diameter <i>flight</i> /sirip	: 9 in
Diameter pipa tengah	: 2,5 in
Diameter poros	: 2 in
Putaran	: 40 rpm
Daya penggerak	: 0,85 HP

20. Screw Conveyor 05 (SC-05)

Tugas	: Mengangkut kristal keluar <i>centrifuge</i> ke <i>rotary dryer</i> .
Jenis	: <i>Horizontal screw conveyor</i>

Kondisi Operasi

Suhu	: 10°C
Tekanan	: 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal	: 15 ton/jam
Panjang maksimal	: 30 ft
Diameter <i>flight</i> /sirip	: 12 in
Diameter pipa tengah	: 2,5 in
Diameter poros	: 2 in
Putaran	: 45 rpm
Daya penggerak	: 2,25 HP

21. Screw Conveyor 06 (SC-06)

Tugas	: Mengangkut kristal dari <i>rotary dryer</i> ke <i>bucket elevator</i> 05 menuju ke silo 03.
Jenis	: <i>Horizontal screw conveyor</i>

Kondisi Operasi

Suhu	: 35°C
Tekanan	: 1 atm

Dimensi

Kapasitas maksimal	: 5 ton/jam
Panjang maksimal	: 30 ft
Diameter <i>flight</i> /sirip	: 9 in
Diameter pipa tengah	: 2,5 in
Diameter poros	: 2 in
Putaran	: 40 rpm
Daya penggerak	: 0,85 HP

Revisi :

Pompa (4,5,6 dan 7) di hapus setelah adanya revisi. Langsung ke pompa -08.



BAB III

NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

III.1 Neraca Massa

A. Neraca Massa per Alat

1. Mixer 01 (M-01)

Tabel III.1 Neraca Massa Mixer 01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	kgmol/jam
H ₂ O dalam kristal	194,9643	-	-
KOH	1.949,6435	1.949,6435	34,8151
K ₂ CO ₃	21,6627	21,6627	0,1570
H ₂ O pembentuk larutan	1.529,1322	1.724,0965	95,7831
Total	3.695,4027	3.695,4027	130,7552

2. Mixer 02 (M-02)

Tabel III.2 Neraca Massa Mixer 02

Komponen	masuk (kg/jam)	keluar (kg/jam)	kgmol/jam
H ₂ O dalam kristal	143,6579	-	-
H ₃ PO ₄	3.411,8761	3.411,8761	34,8151
Fe ₂ O ₃	17,9572	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	17,9572	0,1952
H ₂ O pembentuk larutan	481,6766	625,3346	34,7408
Total	4.073,1252	4.073,1252	69,8633



3. Reaktor 01 (R-01)

Tabel III.3 Neraca Massa Reaktor 01

Komponen	Masuk		keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	2.349,4311	130,5239	2.850,7680	158,3760
KOH	1.949,6435	34,8151	389,9287	6,9630
H ₃ PO ₄	3.411,8761	34,8151	682,3752	6,9630
KH ₂ PO ₄	-	-	3.787,8788	27,8520
K ₂ CO ₃	21,6627	0,1570	21,6627	0,1570
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952	17,9572	0,1952
Total	7.768,5279	200,6185	7.768,5279	200,6185

4. Tangki Pelarut

Tabel III.4 Neraca Massa Tangki Pelarut 01

Komponen	Masuk		keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	13.595,3976	755,2999	13.595,3976	755,2999
KOH	392,2562	7,0046	392,2562	7,0046
H ₃ PO ₄	684,5413	6,9630	684,5413	6,9851
KH ₂ PO ₄	3.806,7113	27,9905	3.806,7113	27,9905
K ₂ CO ₃	22,1800	0,1570	22,1800	0,1607
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952	17,9572	0,1952
Total	18.537,0010	797,7224	18.537,0010	797,7482



5. Evaporator (EV)

Tabel III.5 Neraca Massa Evaporator

Komponen	masuk		keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O larutan	13.595,3976	755,2999	7.613,4227	422,9679
H ₂ O uap	-	-	5.981,9749	322,3320
KOH	392,2562	7,0046	392,2562	7,0046
H ₃ PO ₄	684,5413	6,9851	684,5413	6,9851
KH ₂ PO ₄	3.806,7113	27,9905	3.806,7113	27,9905
K ₂ CO ₃	22,1800	0,1607	22,1800	0,1607
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952	17,9572	0,1952
Total	18.537,0010	797,7482	18.537,0010	797,7482

6. Kristalizer 01 (CR-01)

Tabel III.6 Neraca massa Kristalizer 01

Komponen	Masuk		keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	7.613,4227	422,9679	7.613,4227	422,9679
KOH	392,2562	7,0046	392,2562	7,0046
H ₃ PO ₄	684,5413	6,9851	684,5413	6,9851
KH ₂ PO ₄	3.806,7113	27,9905	3.806,7113	27,9905
K ₂ CO ₃	22,1800	0,1607	22,1800	0,1607
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952	17,9572	0,1952
Total	12.555,0260	465,416	12.555,0260	465,4163



7. Centrifuge 01 (CF-01)

Tabel III.7 Neraca massa *Centrifuge* 01

Komponen	masuk	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	7.613,4227	422,9679
KOH	392,2562	7,0046
H ₃ PO ₄	684,54	6,9851
KH ₂ PO ₄	3.806,7113	27,9905
K ₂ CO ₃	22,1800	0,1607
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952
Total	12.555,0260	465,416

Komponen	Kristal keluar		Larutan keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	761,3423	42,2968	6.852,0804	380,671
KOH	389,9287	6,9630	2,3275	0,0416
H ₃ PO ₄	682,3752	6,9630	2,1661	0,0221
KH ₂ PO ₄	3.787,8788	27,8520	18,8325	0,1385
K ₂ CO ₃	21,6627	0,1570	0,5173	0,0037
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	-	-
SiO ₂	17,9572	0,1952	-	-
Total	5.679,1022	84,5393	6.875,9239	380,8770



8. Rotary Dryer 01 (RD-01)

Tabel III.8 Neraca Massa Rotary Dryer 01

Komponen	Masuk	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	761,3423	42,2968
KOH	389,9287	6,9630
H ₃ PO ₄	682,3752	6,9630
KH ₂ PO ₄	3.787,8788	27,8520
K ₂ CO ₃	21,6627	0,1570
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1952
SiO ₂	17,9572	0,1952
Total	5.679,1022	84,6222

Komponen	Kristal keluar		Udara keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	7,6134	0,4230	753,7288	41,8738
KOH	3,8993	0,0696	386,0294	6,8934
H ₃ PO ₄	6,8238	0,0696	675,5155	6,8934
KH ₂ PO ₄	3.787,8788	27,8520	-	-
K ₂ CO ₃	21,6627	0,1570	-	-
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1952	-	-
SiO ₂	17,9572	0,1952	-	-
Total	3.863,7924	28,9616	1.815,3097	55,6606



B. Neraca Massa Total

Tabel III.9 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk		Keluar	
	(kg/jam)	(kgmol/jam)	(kg/jam)	(kgmol/jam)
H ₂ O	6.241,9803	346,7767	6.743,3172	374,6287
KOH	1.949,6435	34,8151	389,9287	6,9630
H ₃ PO ₄	3.411,8761	34,8151	682,3752	6,9630
KH ₂ PO ₄	-	-	3.787,8788	27,8520
K ₂ CO ₃	21,6627	0,1570	21,6627	0,1570
Fe ₂ O ₃	17,9572	0,1122	17,9572	0,1122
SiO ₂	17,9572	0,1952	17,9572	0,1952
Total	11.661,0771	416,8712	11.661,0771	416,8712

III.2 Neraca Energi

Satuan = kJ/jam

1. Mixer 01 (M-01)

Tabel III.10 Neraca Energi Mixer 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	112.320,142	649.589,805
KOH	30.462,696	61.002,601
K ₂ CO ₃	193,975	193,975
Panas pelarutan	1.880.550,914	-
Pendingin	-	1.312.741,346
Total	2.023.527,727	2.023.527,727

2. Mixer 02 (M-02)

Tabel III.11 Neraca Energi Mixer 02

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	47.372,698	279.147,439
H ₃ PO ₄	50.251,480	293.919,582
Fe ₂ O ₃	68,383	383,255
SiO ₂	235,170	1.333,412



Panas Pelarutan	406.408,757	-
Pemanas	70.382,372	-
Total	574.718,858	574.718,858

3. Reaktor 01 (R-01)

Tabel III.12 Neraca Energi Reaktor 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	1.048.404,323	1.783.231,160
KOH	173.370,796	47.465,039
H ₃ PO ₄	293.533,020	81.638,547
KH ₂ PO ₄	-	1.255.560,930
K ₂ CO ₃	1.101,100	1.504,183
Fe ₂ O ₃	383,241	519,249
SiO ₂	1.333,278	1.819,704
Panas reaksi	2.103.726,671	-
Pendingin	-	450.113,617
Total	3.621.852,429	3.621.852,429

4. Tangki Pelarut 01 (TP-01)

Tabel III.13 Neraca Energi Tangki Pelarut

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	5.973.328,820	6.887.188,064
KOH	50.804,523	39.368,640
H ₃ PO ₄	86.966,169	66.731,565
KH ₂ PO ₄	1.344.694,432	1.047.686,597
K ₂ CO ₃	1.633,916	1.271,811
Fe ₂ O ₃	963,423	750,374
SiO ₂	1.114,959	864,648
Panas pelarutan	341.602,852	-
Total	3.621.852,429	8.043.861,699



5. Evaporator (EV)

Tabel III.14 Neraca Energi Evaporator

Komponen	<i>Effect 1</i>	
	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O larutan	6.887.188,064	9.224.095,717
H ₂ O uap	-	3.652.274,302
KOH	39.368,640	56.823,774
H ₃ PO ₄	66.731,565	97.668,589
KH ₂ PO ₄	1.047.686,597	1.499.427,974
K ₂ CO ₃	1.271,757	1.832,039
Fe ₂ O ₃	864,648	1.244,462
SiO ₂	750,374	1.072,968
Beban panas	6.490.578,180	-
Total	14.534.439,825	14.534.439,825

Komponen	<i>Effect 2</i>	
	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O larutan	9.224.095,717	3.916.094,388
H ₂ O uap	-	9.071.654,124
KOH	56.823,774	46.928,862
H ₃ PO ₄	97.668,589	80.038,815
KH ₂ PO ₄	1.499.427,974	1.244.299,219
K ₂ CO ₃	1.832,039	1.514,779
Fe ₂ O ₃	1.244,462	1.029,457
SiO ₂	1.072,968	836,305
Beban panas	3.480.230,427	-
Total	14.362.395,929	14.362.395,929

Komponen	<i>Effect 3</i>	
	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O larutan	3.916.094,388	3.614.402,048
H ₂ O uap	-	4.055.053,251
KOH	46.928,862	37.003,134
H ₃ PO ₄	80.038,815	62.598,054
KH ₂ PO ₄	1.244.299,219	985.868,101



K ₂ CO ₃	1.514,779	1.195,694
Fe ₂ O ₃	1.029,457	812,990
SiO ₂	890,847	662,949
Beban panas	3.466.799,854	-
Total	8.757.596,221	8.757.596,221

6. Cooler 01 (CL-01)

Tabel III.15 Neraca Energi Cooler 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	118.962,239	473.854,738
KOH	25.107,424	5.043,909
H ₃ PO ₄	23.511,613	4.066,964
KH ₂ PO ₄	763.865,762	156.793,342
K ₂ CO ₃	787,975	157,537
Fe ₂ O ₃	530,701	105,934
SiO ₂	558,056	114,879
Brine	-	293.186,467
Total	933.323,770	933.323,770

7. Kristaliser 01 (CR-01)

Tabel III.16 Neraca Energi Kristaliser 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	599.279,203	-1.439.833,035
KOH	6.275,049	-15.460,149
H ₃ PO ₄	10.447,824	-25.198,580
KH ₂ PO ₄	168.675,068	-419.972,915
K ₂ CO ₃	203,137	-501,303
Fe ₂ O ₃	138,235	-341,435
SiO ₂	120,939	-301,475
Panas pengkristalan	-550.428,066	-
Pendinginan	-	2.136.320,281
Total	234.711,389	234.711,389



8. Centrifuge 01 (CF-01)

Tabel III.17 Neraca Energi Centrifuge 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	-1.439.833,035	-1.439.833,035
KOH	-15.460,149	-15.460,149
H ₃ PO ₄	-25.198,580	-25.198,580
KH ₂ PO ₄	-419.972,915	-419.972,915
K ₂ CO ₃	-501,303	-501,303
Fe ₂ O ₃	-341,435	-341,435
SiO ₂	-301,475	-301,475
Total	-1.901.608,892	-1.901.608,892

9. Rotary Dryer 01 (RD-01)

Tabel III.18 Neraca Energi Rotary Dryer 01

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
H ₂ O	1.054.160,185	9.251,119
KOH	346.399,631	880,812
H ₃ PO ₄	1.000.082,154	1.552,787
KH ₂ PO ₄	167.450,595	2.290.901,986
K ₂ CO ₃	27.177,647	2.778,396
Fe ₂ O ₃	21.966,223	1.929,190
SiO ₂	11.108,024	1.644,926
Panas udara	2.628.344,457	2.308.939,217
Total	1.054.160,185	9.251,119

Revisi :

Keluaran tangki pelarut seharusnya langsung di umpankan menuju Kristalizer dengan melalui Cooler -01 terlebih dahulu.

Alat-alat proses seharusnya didesain beroperasi pada suhu rata-rata lingkungan, bukan pada suhu tertinggi.



BAB IV UTILITAS

Utilitas adalah unit penunjang proses dalam industri, kebutuhan utilitas sejalan dengan kebutuhan energi untuk suatu proses. Utilitas ini menyediakan kebutuhan air, *steam*, listrik, bahan bakar dan udara tekan.

IV.1. Kebutuhan Air

Air merupakan kebutuhan pokok dalam pemenuhan kebutuhan proses produksi. Kebutuhan air digunakan sebagai air sanitasi & kantor, air pendingin, bahan baku *steam*, air layanan umum, dan air hydrant. Pabrik monobasik kalium fosfat (MKP) akan didirikan di daerah Gresik, oleh karena itu kebutuhan air diperoleh dari proses pengolahan air sungai bengawan solo. Kebutuhan air total sebesar 51.786,892 kg/jam. Berikut adalah rincian pemenuhan kebutuhan air tiap jam:

Tabel III.1 Kebutuhan Air di Dalam Pabrik

No.	Jenis kebutuhan air	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Air pendingin	40.148,065
2.	Air bahan baku <i>steam</i>	3.515,482
3.	Air proses	5.903,358
4.	Air servis dan rumah tangga	2.219,987
Total		51.786,892

Tabel III.2 Air *Make Up* yang Diperlukan

No.	Jenis kebutuhan air	Kebutuhan (kg/jam)
1.	<i>Make up</i> air pendingin	643,726
2.	<i>Make up</i> air bahan baku <i>steam</i>	319,589
3.	Air proses	5.903,358
4.	Air servis dan rumah tangga	2.219,987
5.	<i>Backwash sand filter</i>	10,060
Total		8.967,976



IV.2. Steam

Steam digunakan sebagai media pemanas di alat-alat proses seperti mixer-02 dan evaporator. Kebutuhan *steam* total adalah sebanyak 3.195,893 kg/jam.

IV.3. Brine (NaCl)

Brine (NaCl) digunakan sebagai pendingin pada kristaliser (CR) dengan total kebutuhan sebesar 27.827,251 kg/jam. *Brine* (NaCl) diperoleh dengan membuat larutan garam 25%.

IV.4. Listrik

Listrik digunakan untuk menggerakkan motor penggerak alat-alat proses misalnya pompa, blower, kompresor, dan alat-alat lainnya. Selain itu, listrik digunakan juga untuk penerangan. Daya listrik terpasang adalah sebesar 200 kW. Daya listrik sebesar ini dipenuhi dari PLN. Namun juga disediakan *generator* untuk cadangan dengan daya 200 kW jika sewaktu-waktu listrik padam atau pasokan listrik kurang.

IV.5. Freon R134a

Freon R134a digunakan sebagai pendingin *brine* dengan total kebutuhan sebesar 3.656,727 kg/jam. Freon R134a digunakan pada Cooler-02 (CL-02).

IV.6. Listrik

Listrik digunakan untuk menggerakkan motor penggerak alat-alat proses misalnya pompa, *blower*, kompresor, dan alat-alat lainnya. Selain itu, listrik digunakan juga untuk penerangan. Daya listrik terpasang adalah sebesar 600 kW. Daya listrik sebesar ini dipenuhi dari PLN. Namun juga disediakan *generator* untuk cadangan dengan daya 600 kW jika sewaktu-waktu listrik padam atau pasokan listrik kurang.

IV.7. Bahan bakar

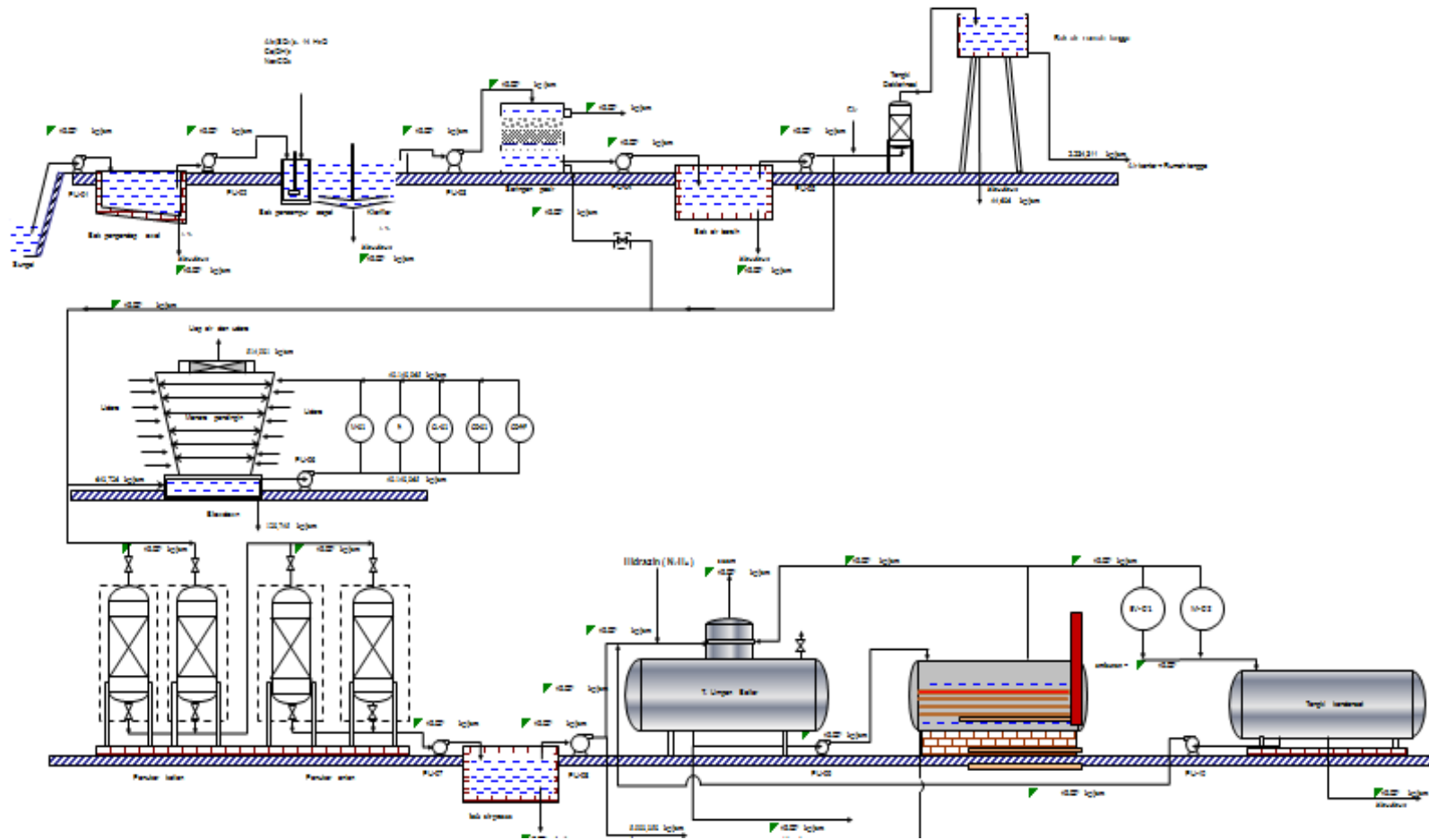
Bahan bakar solar yang digunakan sebagai bahan bakar *Boiler* dan *Generator* dibeli dari PT. Pertamina. Kebutuhan solar untuk bahan bakar sebanyak 146.644 liter/bulan.

IV.8. Udara Tekan dan Udara Kering

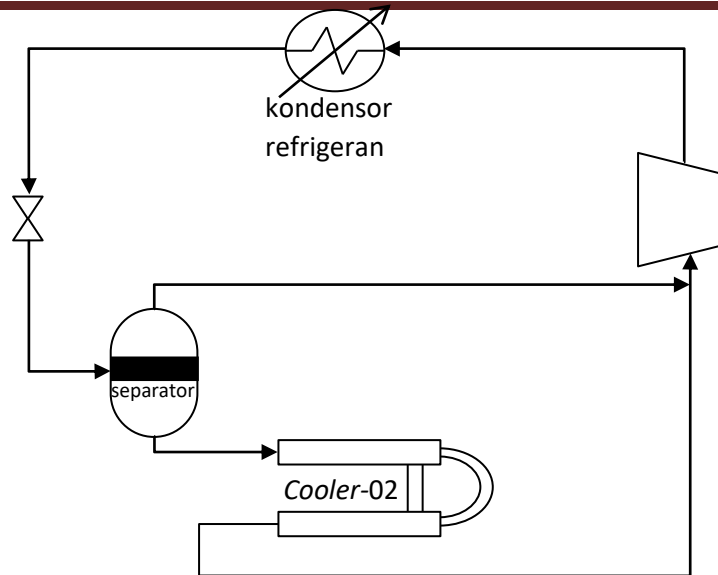
Udara tekan diperlukan untuk menggerakkan instrumen-instrumen pengendali. Udara tekan yang digunakan adalah di dalam Pabrik MKP ini sebanyak 285,9655 m³/jam. Uraian proses:



1. Udara yang berasal dari lingkungan dilewatkan penyaring udara dan kompresor udara.
2. Udara yang sudah bersih dilewatkan dalam tangki silika gel.
3. Selanjutnya udara keluaran tangki silika disimpan pada tangki udara, untuk memenuhi kebutuhan udara selama 120 menit.
4. Udara keluar tangki dinaikkan tekanannya menjadi 4 atm menggunakan kompresor.
5. Untuk memenuhi kebutuhan udara kering pemanas, udara yang keluar dari kompresor kemudian dipanaskan melewati cerobong asap *boiler* agar suhunya naik .



Gambar IV.1 Unit pengolahan air Pabrik Monobasik Kalium Fosfat



Gambar III.2 Freon Management System

IV.9. Spesifikasi Alat Utilitas

A. Alat penyimpanan

1. Tangki Utilitas 01 (TU-01)

Tugas : Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan.

Jenis alat : Tangki silinder tegak berpengaduk

Dimensi tangki

Volume tangki : 6,31 m³

Diameter tangki : 2,003 m

Tinggi tangki : 2,003 m

Bahan konstruksi : Carbon Steel SA-167 tipe 321

Pengaduk tangki

Diameter *impeller* : 0,668 m

Daya motor : 10 HP

2. Tangki Utilitas 02 (TU-02)

Tugas : Menghilangkan cairan klorin pada proses pengadukan air dengan kaporit agar tidak terikut ke dalam bak.

Jenis alat : Tangki silinder vertikal

Kondisi operasi

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu tinggal : 5 jam

Ukuran tangki

Volume cairan : 47,7 m³

Volume tangki : 57,2 m³



Tebal *shell* : 0,011 m
Diameter luar tangki : 7,620 m
Diameter dalam tangki : 7,609 m
Tinggi total tangki : 4,404 m
Bahan : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

Ukuran head

Tebal *head* : 7/16 in
Tinggi *head* : 0,747 m
Jenis *head* : *Torishperical head*
Bahan : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

3. Tangki Utilitas 03 (TU-03)

Tugas : Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation.
Jenis alat : Tangki silinder tegak

Dimensi tangki

Volume tangki : 0,747 m³
Diameter tangki : 0,984 m
Tinggi tangki : 0,984 m
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

Pengaduk tangki

Diameter *impeller* : 0,328 m
Daya motor : 3 HP

4. Tangki Utilitas 04 (TU-04)

Tugas : Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion
Jenis alat : Tangki silinder tegak

Dimensi tangki

Volume tangki : 0,747 m³
Diameter tangki : 0,984 m
Tinggi tangki : 0,984 m
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

Pengaduk tangki

Diameter *impeller* : 0,328 m
Daya motor : 3 HP

5. Tangki Utilitas 05 (TU-05)

Tugas : Menyimpan air umpan *boiler* selama 8 jam.
Jenis alat : Tangki silinder tegak dengan deaerator

Kondisi operasi

Suhu : 387,1306 K
Tekanan : 3 atm



Waktu tinggal : 8 jam
Dimensi tangki
Volume tangki : 33,143 m³
Diameter tangki : 1,372 m
Panjang tangki : 4,115 m
Tebal tangki : 3/16 in
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

Tray deaerator

Tipe : *Wire mesh perforated tray*
Ketebalan : 100 mm – 150 mm
Hole shape : 0,08 mm – 0,3 mm
Diameter tray : 48 in

Dimensi tangki deaerator

Diameter tangki : 1,354 m
Tinggi tangki : 2,032 m
Tebal tangki : 3/16 in
Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167 tipe 316*

Head deaerator

Diameter head : 0,610 m
Tinggi head : 0,191 m
Tebal head : 3/16 in

6. Tangki Utilitas 06 (TU-06)

Tugas : Menyimpan Na₃PO₄ untuk menaikkan pH air umpan boiler dalam rentang 7-10 untuk mencegah korosi.

Jenis alat : Tangki silinder tegak

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm

Dimensi tangki

Volume tangki ; 0,820 m³
Diameter tangki : 1,015 m
Tinggi tangki : 1,015 m
Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167 tipe 316*

7. Tangki Utilitas 07 (TU-07)

Tugas : Menghilangkan sisa-sisa gas terlarut, terutama oksigen agar tidak menyebabkan korosi pada boiler.

Jenis alat : Tangki silinder tegak

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm



Dimensi tangki

Volume tangki	:	0,030 m ³
Diameter tangki	:	0,336 m
Tinggi tangki	:	0,336 m
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-167 tipe 316</i>

8. Tangki Utilitas 08 (TU-08)

Tugas	:	Menyimpan kondensat <i>steam</i> .
Jenis alat	:	Tangki silinder tegak

Kondisi operasi

Suhu	:	35°C
Tekanan	:	1 atm

Dimensi tangki

Volume tangki	:	0,030 m ³
Diameter tangki	:	0,336 m
Tinggi tangki	:	0,336 m
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-167 tipe 316</i>

9. Tangki Utilitas 12 (TU-12)

Tugas	:	Menyimpan NaCl untuk pembuatan <i>brine</i> .
Jenis alat	:	Tangki silinder tegak

Dimensi tangki

Volume tangki	:	34,15 m ³
Diameter tangki	:	3,072 m
Tinggi tangki	:	4,608 m
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-167 tipe 316</i>

Revisi :

Waktu operasi *sand filter* sampai *backwash* sebaiknya ditambah menjadi lebih lama.

B. Alat Transportasi

1. Pompa Utilitas 01 (PU-01)

Tugas	:	Memompa air sungai ke bak pengendap awal.
Jenis	:	<i>Centrifugal pump</i>

Kondisi operasi

Suhu	:	35°C
Tekanan	:	1 atm
Kapasitas	:	11,058 m ³ /jam

Dimensi pompa



Diameter dalam pipa	: 0,078 m
Diameter luar pipa	: 0,089 m
Panjang pipa	: 6.000 m
<i>Head</i> total	: 64,69 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 50%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 15 HP

2. Pompa Utilitas 02 (PU-02)

Tugas	: Memompa air pengendap awal ke <i>clarifier</i> .
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>

Kondisi operasi

Suhu	: 35°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 10,532 m ³ /jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa	: 0,041 m
Diameter luar pipa	: 0,048 m
Panjang pipa	: 100 m
<i>Head</i> total	: 30,64 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 55%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 5 HP

3. Pompa Utilitas (PU-03)

Tugas	: Memompa air dari <i>clarifier</i> ke <i>sand filter</i> .
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>

Kondisi operasi

Suhu	: 35°C
Tekanan	: 1 atm
Kapasitas	: 10,030 m ³ /jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa	: 0,041 m
Diameter luar pipa	: 0,048 m
Panjang pipa	: 70 m
<i>Head</i> total	: 21,20 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 50%



Efisiensi motor penggerak : 50%
Daya motor standar : 5 HP

4. Pompa Utilitas 04 (PU-04)

Tugas : Memompa air dari *sand filter* ke bak air bersih.
Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 10,030 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m
Diameter luar pipa : 0,048 m
Panjang pipa : 60 m
Head total : 31,15 m
Kecepatan putar : 3.000 rpm
Efisiensi pompa : 50%
Efisiensi motor penggerak : 50%
Daya motor standar : 5 HP

5. Pompa Utilitas 05 (PU-05)

Tugas : Memompa air dari bak air bersih ke *cooling tower*, tangki umpan boiler, dan tangki air rumah tangga.
Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 9,746 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m
Diameter luar pipa : 0,048 m
Panjang pipa : 150 m
Head total : 64,01 m
Kecepatan putar : 3.000 rpm
Efisiensi pompa : 55%
Efisiensi motor penggerak : 50%
Daya motor standar : 10 HP

6. Pompa Utilitas 06 (PU-06)



Tugas : Memompa air pendingin dari *cooling tower* ke alat proses.

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 53,476 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,102 m

Diameter luar pipa : 0,114 m

Panjang pipa : 150 m

Head total : 30,15 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 70%

Efisiensi motor penggerak : 60%

Daya motor standar : 15 HP

7. Pompa Utilitas 07 (PU-07)

Tugas : Memompa air dari *anion exchanger* ke bak air proses

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 6,660 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m

Diameter luar pipa : 0,048 m

Panjang pipa : 100 m

Head total : 14,10 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 45%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 2 HP

8. Pompa Utilitas 08 (PU-08)

Tugas : Memompa air dari bak air proses ke alat proses dan tangki umpan boiler.

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C



Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 6,295 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m
Diameter luar pipa : 0,048 m
Panjang pipa : 120 m
Head total : 21,03 m
Kecepatan putar : 3.000 rpm
Efisiensi pompa : 45%
Efisiensi motor penggerak : 50%
Daya motor standar : 3 HP

9. Pompa Utilitas 09 (PU-09)

Tugas : Memompa air dari tangki umpan boiler ke boiler.
Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 3,802 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,027 m
Diameter luar pipa : 0,033 m
Panjang pipa : 55 m
Head total : 20,89 m
Kecepatan putar : 3.000 rpm
Efisiensi pompa : 30%
Efisiensi motor penggerak : 50%
Daya motor standar : 2 HP

10. Pompa Utilitas 10 (PU-10)

Tugas : Memompa air dari tangki kondensat ke tangki air umpan boiler.
Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 3,265 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,027 m
Diameter luar pipa : 0,033 m



Panjang pipa	: 60 m
<i>Head</i> total	: 19,48 m
Kecepatan putar	: 3.000 rpm
Efisiensi pompa	: 32%
Efisiensi motor penggerak	: 50%
Daya motor standar	: 1,5 HP

11. Pompa Utilitas 11 (PU-11)

Tugas : Memompa freon cair jenuh dari kondensor freon ke separator.

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : 10°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 6,033 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,041 m

Diameter luar pipa : 0,048 m

Panjang pipa : 50 m

Head total : 12,64 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 46%

Efisiensi motor penggerak : 50%

Daya motor standar : 2 HP

12. Pompa Utilitas 12 (PU-12)

Tugas : Memompa *brine* untuk pendinginan dari *cooler* 02 ke kristaliser.

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi operasi

Suhu : -10°C

Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 18,766 m³/jam

Dimensi pompa

Diameter dalam pipa : 0,063 m

Diameter luar pipa : 0,073 m

Panjang pipa : 80 m

Head total : 19,60 m

Kecepatan putar : 3.000 rpm

Efisiensi pompa : 46%

Efisiensi motor penggerak : 50%



Daya motor standar : 10 HP

C. Alat unit pengolahan udara

1. Kompresor Udara

Tugas : Menekan udara sebanyak $286 \text{ Nm}^3/\text{jam}$ dari 1,01 bar sampai 4 bar.

Jenis : Kompresor sentrifugal *single stage*

Daya : 15,445 kW

Motor standar : 25 HP

2. Kondensor 01 (CD-01)

Tugas : Mengembunkan H_2O dalam udara.

Jenis : *Shell-and-Tube Heat Exchanger*

Kondisi operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1,5 atm

Beban panas : 139.057,636 kJ/jam

Kebutuhan pendingin : 8.320,826 kg/jam

Panjang pipa : 8 ft

Dimensi Shell

Diameter *shell* : 0,461 m

Tebal *shell* : 0,005 m

Faktor pengotor (Rd) : 0,001

Bahan : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

Dimensi Tube

Susunan *tube* : *triangular pitch*

Diameter *tube* : 0,025 m

Jumlah *tube* : 114

Faktor pengotor (Rd) : 0,001

Bahan : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

3. Separator 01 (SP-01)

Tugas : Memisahkan udara dan embunan H_2O dari kondensor.

Jenis : Separator vertikal

Kondisi operasi

Suhu : 35°C

Tekanan : 1,5 atm

Kecepatan volume gas : $0,260 \text{ m}^3/\text{s}$

Dimensi separator



Tinggi cairan : 1,308 m
Tebal separator : 0,005 m
Diameter separator : 0,610 m
Bahan : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

4. Tangki Silika Gel (TU-09)

Tugas : Menghilangkan uap air yang masih ada di udara.
Jenis : Tangki silinder tegak
Jumlah : 2 buah

Kondisi operasi

Tekanan : 4 bar
Kemampuan penyerapan : 0,02 gram/gram silika
Massa gel silika : 55.560,14 kg
Waktu operasi : 7 hari

Dimensi tangki

Volume tangki : 55,560 m³
Diameter tangki : 4,136 m
Tinggi tangki : 4,136 m
Bahan : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

5. Tangki Udara Tekan (TU-10)

Tugas : Menampung udara tekan
Jenis : Tangki silinder horisontal
Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

Tekanan : 4 bar
Waktu tinggal udara : 2 jam

Dimensi tangki

Volume tangki : 160,789 m³
Diameter tangki : 4,086 m
Tinggi tangki : 12,26 m
Bahan : *Carbon Steel SA-167 tipe 321*

D. Alat unit refrigerasi

1. Kompresor Refrigeran

Tugas : Menaikkan tekanan refrigeran
Jenis : Kompresor sentrifugal *double stage*
Jumlah : 2 buah

Kondisi operasi

Tekanan *stage* pertama : 0,75 atm
Suhu *stage* pertama : 36,054°C



Tekanan <i>stage</i> kedua	: 1,5 atm
Suhu <i>stage</i> pertama	: 104,521°C
Daya motor <i>stage</i> pertama	: 100 HP
Daya motor <i>stage</i> kedua	: 125 HP

2. Kondensor 02 (CD-02)

Tugas	: Mengembunkan freon R134a.
Jenis	: <i>Shell-and-Tube Heat Exchanger</i>

Kondisi operasi

Suhu	: 50°C
Tekanan	: 1,5 atm
Beban panas	: 1.490.783,451 kJ/jam
Kebutuhan pendingin	: 7.941,918 kg/jam
Media pendingin	: air

Dimensi Shell

Diameter <i>shell</i>	: 0,851 m
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in m
Faktor pengotor (Rd)	: 0,001
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-167 tipe 321</i>

Dimensi Tube

Susunan <i>tube</i>	: <i>triangular pitch</i>
Diameter <i>tube</i>	: 0,038 m
Jumlah <i>tube</i>	: 187
Faktor pengotor (Rd)	: 0,016
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-167 tipe 321</i>

3. Separator 02 (SP-02)

Tugas	: Memisahkan freon fasa uap dari freon fasa cair.
Jenis	: Separator vertikal

Kondisi operasi

Suhu	: -20°C
Tekanan	: 0,304 bar
Waktu tinggal	: 5 menit

Dimensi separator

Tinggi cairan	: 1,473 m
Tinggi separator	: 1,829 m
Diameter separator	: 0,457 m
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-167 tipe 321</i>

E. Alat lainnya

1. Generator



Tugas	:	Membangkitkan listrik saat terjadi pemadaman
Kapasitas	:	1000 kVa
Tegangan	:	380 V (3 <i>phase</i>)
Efisiensi	:	80%

2. Boiler

Tugas	:	Membuat <i>steam</i> jenuh.
Jenis	:	Boiler lorong api

Kondisi operasi

Suhu	:	130°C
Tekanan	:	2,701 bar
Beban panas total	:	6.764.786,941 kJ/jam
Produksi <i>steam</i>	:	3.018,343 kg/jam
Jenis bahan bakar	:	Solar
Kebutuhan bahan bakar	:	203,312 liter/jam

Dimensi boiler

Panjang boiler	:	2,661 m
Diameter boiler	:	1,34 m

Tube

Susunan <i>tube</i>	:	<i>Triangular pitch</i>
Panjang <i>tube</i>	:	1,829 m
Diameter dalam	:	0,041 m
Jumlah <i>tube</i>	:	299 buah
Bahan	:	<i>Stainless Steel SA-167 tipe 316</i>

Shell

Diameter <i>shell</i>	:	1,343 m
Tebal <i>shell</i>	:	0,006
Bahan	:	<i>Carbon steel SA-167 tipe 321</i>

3. *Cooling tower*

Tugas	:	Memulihkan suhu air dari 45°C sampai 30°C
Jenis	:	<i>Induced Draft Cooling Tower</i>

Kondisi operasi

Suhu air masuk	:	45,09°C
Suhu air keluar	:	30°C
Tekanan	:	1 atm
<i>Air make up</i>	:	643,276 kg/jam

Dimensi *cooling tower*

Panjang <i>cooling tower</i>	:	2,661 m
Lebar <i>cooling tower</i>	:	1,34 m
Tinggi <i>cooling tower</i>	:	3 m



Daya penggerak *fan* : 7,5 HP

Dimensi bak *basin*

Panjang *basin* : 3,404 m

Lebar *basin* : 3,404 m

Tinggi *basin* : 3,000 m

4. Tangki bahan bakar (TU-11)

Tugas : Menyimpan solar untuk bahan bakar

Jenis : *Vertical conical tank*

Kondisi operasi

Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi tangki

Volume tangki : 175,973 m³

Diameter tangki : 6,096 m

Tinggi tangki : 7,315 m

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

Pelat

Jumlah pelat : 4

Lebar pelat : 6 ft

Tebal pelat

Pelat ke-	Tinggi tangki (ft)	Tebal pelat (in)	Tebal standar (in)
t ₁ (h ₄)	24	0,0650	3/16
t ₂ (h ₃)	18	0,0481	3/16
t ₃ (h ₂)	12	0,0311	3/16
t ₄ (h ₁)	6	0,0141	3/16

Dimensi head

Jenis *head* : *Torispherical head*

Diameter *head* : 20 ft

Tebal *head* : 5/16 in

Tinggi *head* : 4,543 ft

Volume *head* : 19,117 m³

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 tipe 316*



BAB V

MANAJEMEN PERUSAHAAN

V.2. Bentuk badan usaha

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yang berbentuk badan hukum. Badan hukum ini disebut perseroan sebab modal terdiri dari penjualan saham dan bank. Perseroan terbatas harus didirikan memakai akte autentik. Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh direktur yang bertanggung jawab menyangkut kelancaran produksi sedangkan tanggung jawab pemegang saham terbatas dan kekayaannya terpisah dari kekayaan perusahaan.

Modal perusahaan yang diperoleh dari penjualan saham-saham, dan bila perusahaan rugi maka pemilik saham hanya akan kehilangan modalnya saja dan tidak menyinggung harta kekayaan pribadi untuk melunasi hutang-hutangnya. Selain itu, kelangsungan perusahaan tidak berpengaruh oleh berhentinya pemegang saham, direksi dan karyawan.

V.3. Struktur organisasi perusahaan

Sistem organisasi perusahaan yang dipilih yaitu sistem *staff and line organization* (sistem garis). Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis pada pembagian tugas kerja, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Kekuasaan mengalir secara langsung dari direksi dan kemudian ke kepala bagian, ke kepala seksi, diteruskan ke karyawan karyawan dibawahnya dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberi saran kepada direktur.

V.4. Rencana kerja karyawan

Pabrik Monobasik Kalium Fosfat ini direncanakan jumlah pekerjanya sebanyak 118 orang dan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari, sisa hari yang lain digunakan



untuk perawatan dan perbaikan. Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi, yang termasuk kelompok ini adalah kepala seksi ke atas dan semua karyawan bagian umum. Jam kerja yang berlaku untuk karyawan *non* produksi dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah kerja maksimum 45 jam selama seminggu dan selebihnya dihitung sebagai lembur. Dimana lembur untuk hari-hari biasa adalah 1,5 kali jam kerja sedangkan pada hari-hari besar (hari libur) adalah 2 kali jam kerja. Adapun jam kerja untuk karyawan *non* produksi dapat diatur dengan perincian sebagai berikut:

Hari Senin- Jumat : Jam 07.00 – 16.00 WIB

Hari Sabtu : Libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut:

Selain hari Jumat : Jam 12.00 – 13.00 WIB

Hari Jumat : Jam 11.30 – 13.00 WIB

Hari minggu dan hari libur hari besar semua karyawan *non shift* libur.

2. Karyawan *shift*

Merupakan karyawan yang secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran produksi.

Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja *shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* sebagai berikut:

Shift I : Pukul 07.00 – 15.00

Shift II : Pukul 15.00 – 23.00

Shift III : Pukul 23.00 – 07.00



Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada hari minggu dan hari libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur. Sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas juga dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian *shift* seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari setiap tahunnya.

Tabel V.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III	
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III

Regu	Hari											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III	
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III

Regu	Hari					
	25	26	27	28	29	30
A	I	I	I		II	II
B		II	II	II		III
C	II		III	III	III	
D	III	III		I	I	I



Keterangan:

A,B,C,D : Kelompok kerja *shift*

 : Libur

I, II, III : Jadwal *shift*

V.5. Sistem Penggajian Karyawan

Sistem penggajian yang berlaku bagi para karyawan adalah sistem yang berupa gaji bulanan yang diberikan setiap awal bulan sekali dengan besarnya gaji didasarkan atas ketentuan sebagai berikut:

1. Jabatan atau Golongan
2. Tingkat Pendidikan
3. Pengalaman Kerja
4. Keahlian

V.6. Fasilitas dan Jaminan Sosial

Untuk meningkatkan kesejahteraan para karyawan maka perusahaan selain memberikan gaji bulanan juga memberikan fasilitas dan jaminan berikut:

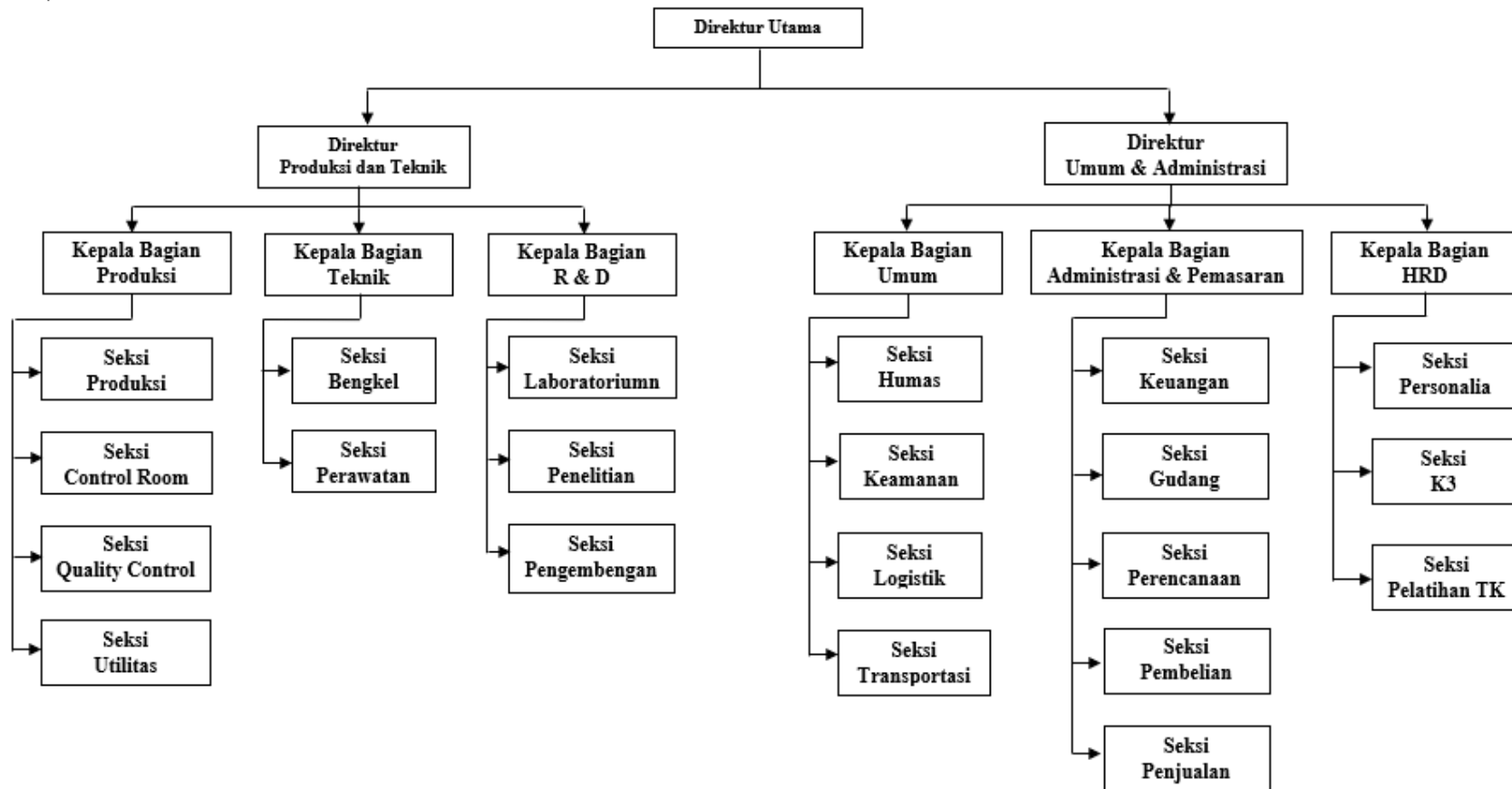
1. Tunjangan istri/suami sebesar 25% dari gaji pokok.
2. Tunjangan anak sebesar 2 % dari gaji pokok.
3. Cuti selama 12 hari tiap tahun dan mendapat uang cuti sebesar 1 bulan gaji.

Fasilitas dinas yang diberikan pada karyawan atau pimpinan perusahaan sesuai dengan kemajuan dan keuntungan dari perusahaan.

1. Fasilitas air bersih.
2. Fasilitas kesehatan bagi karyawan, istri atau suami dan anak.
3. Memberikan pakaian kerja 2 buah lengkap dengan alat-alat untuk perlindungan terhadap keselamatan kerja sebanyak 1 kali dalam setahun.
4. Fasilitas transportasi berupa bus pegawai bagi karyawan yang rumahnya jauh dari lokasi.
5. Fasilitas peribadatan berupa masjid di lingkungan perusahaan.



6. Memberikan uang bonus tiap tahun yang besarnya disesuaikan dengan keuntungan perusahaan dan memberikan uang tunjangan hari raya.
7. Memberikan asuransi kepada karyawan berupa asuransi kesehatan, asuransi kecelakaan, dan asuransi hari tua.



Gambar V.1 Struktur Organisasi

V.6. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan apakah pabrik layak didirikan atau tidak. Selain dari itu untuk mengetahui apakah modal yang ditanamkan dapat kembali pada jangka waktu tertentu atau tidak, dengan demikian dapat diketahui apakah pabrik ini menarik atau tidak bagi investor.

A. Investasi pabrik

1. *Fixed Capital Investment* (FCI)

Fixed Capital Investment adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi serta pembuatannya. *Fixed Capital Investment* yang diperlukan sebesar US\$18.212.154,458 dan Rp 127.803.684.669,-.

2. *Working Capital*

Working Capital adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha / modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu. *Working Capital* yang diperlukan sebesar Rp483.197.997.354,-.

B. Analisis kelayakan

1. *Return on Investment* (ROI)

Return on Investment adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan kecepatan pengembalian modal yang diinvestasikan. Dengan:

- a. ROI sebelum pajak : 42,34%
- b. ROI sesudah pajak : 33,87%

2. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah waktu yang dibutuhkan (dalam tahun) untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun setelah ditambah dengan penyusutan. Dengan:

- a. POT sebelum pajak : 1,911 tahun
- b. POT sesudah pajak : 2,280 tahun

3. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah kondisi dimana perusahaan hanya mampu menjual (%) kapasitas produk yang dimaksud dan hasil penjualannya hanya mampu untuk membayar biaya pengeluaran total sehingga pabrik dikatakan tidak untung maupun tidak rugi. *Break Even Point* terjadi pada 40,6%.

4. *Shut Down Point* (SDP)

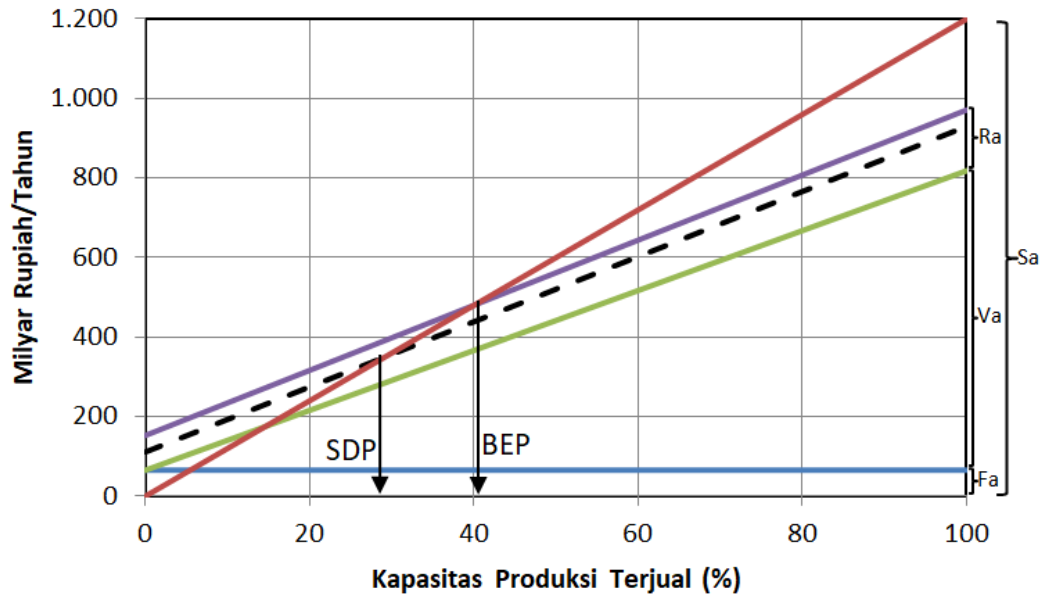
Shut Down Point adalah kondisi dimana hasil penjualan produk pada (%) kapasitas yang dimaksud hanya mampu untuk membayar *Fixed Cost* dan tidak mampu membayar pengeluaran yang lain sehingga lebih baik pabrik tutup. *Shut Down Point* terjadi pada 16,7%.

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh tiap tahun, didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali setiap tahun selama umur ekonomis pabrik. *Discounted Cash Flow Rate* yang diperoleh sebesar 17,7%.

Analisis	Hasil	Tolak Ukur
ROI	33,87%	40% < x > 11% (<i>Low risk</i>)
POT	2,280 tahun	2 < x < 5 tahun (<i>Low risk</i>)
BEP	40,6%	40%-60%
SDP	16,7%	-
DCFR	17,7%	>bunga deposito bank (5,42%)

Tabel V.2 Kesimpulan Analisis Kelayakan



Gambar V.2 Grafik Penentuan Break Even Point (BEP)

BAB VI

KESIMPULAN

1. Ditinjau dari teknik yang meliputi pengadaan alat-alat produksi, penerapan teknologi, bahan baku, proses produksi, hasil produksi dan tenaga kerja maka Pabrik Monobasik Kalium Fosfat dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun menarik untuk dikaji lebih lanjut.
2. Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik Monobasik Kalium Fosfat ini membutuhkan *Fixed Capital Investment* (FCI) US\$18.212.154,458 dan Rp 127.803.684.669,- dan *Working Capital* (WC) sebesar Rp483.197.997.354,-. Analisis ekonomi Pabrik Monobasik Kalium Fosfat ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 42,34% dan ROI sesudah pajak sebesar 33,87%; nilai POT sebelum pajak adalah 1,911 tahun dan POT sesudah pajak adalah 2,280 tahun. BEP sebesar 40,6%, SDP sebesar 16,7%, dan DCFR sebesar 17,7%. Berdasarkan data evaluasi ekonomi tersebut, maka Pabrik Dioktil Ftalat layak untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, Robert N., dan Robert D. Newton. 1955. "Chemical Engineering Cost Estimation". New York: McGraw-Hill.
- Badan Pusat Statistik. 2018. www.bps.go.id
- Bogach, E. V. dkk. 2004. Russian Patent RU 2261222C1 "Способ получения монокалийфосфата".
- Brown, George G. 1978. "Unit Operations". New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Brownell, Llyod E. & Edwin H. Young. 1959. "Process Equipment Design". Michigan : John Wiley & Sons.
- Darros-Barbosa, Roger dkk. 2003. "Temperature and Concentration Dependence of Heat Capacity of Model Aqueous Solution". Florida: University of Florida.
- DuPont. 2005. "HFC-143a Pressure-Enthalpy Diagram".
- Erickson, William R. dkk. US Patent US 4885148 "Production of Monobasic Potassium Phosphate with Low Chloride Content From Potassium Chloride and Phosphoric Acid Produced from the Commercial Wet Process."
- Evans Jr., Frank L. 1974. "Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants" Volume 2. Houston: Gulf Publishing Company.
- Froment, Gilbert F., dan Kenneth B. Bischoff. 1973. "Chemical Reactor Analysis and Design." New York: John Wiley & Sons.
- Geankoplis, C.J. 1993. "Transport Process and Unit Operations" Edisi Ketiga. New Jersey : Petince-Hall International.
- Holland, F.A., & F. S. Chapman. 1966. "Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks". New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Ianicelli, Joseph dan Joseph Pechtlin. 2007. US Patent US 7601319B2 "Process for The Manufacture of Monobasic Potassium Phosphate".
- Joshi, M.V. dan A.V. Anthony. 1977. "The Kinetics of Potassium Dihydrogen Phosphate Crystal Growth from Aqueous Solution". Gujarat: Department of Physics, Sardar Patel University.
- Kern, Donald. Q. 1965. "Process Heat Transfer". New York, McGraw-Hill.
- Ludwig, Ernest E. 1999. "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants" Volume 1, 2, & 3. Houston: Gulf Publishing Company.
- McCabe, Warren L., Julian C. Smith & Peter Harriot. 1995. "Unit Operations of Chemical Engineering" Edisi Kelima. New York: McGraw-Hill.
- McKetta, John J., dan William Aaron Cunningham. 1976. "Encyclopedia of Chemical and Process Design". Michigan: University of Michigan.

- Megysey, Eugene F. 1995. "Pressure Vessel Handbook" Edisi Kesepuluh. Tulsa: Pressure Vessel Publishing.
- Mullin, J. W. 2001. "Crytallization" Edisi Keempat. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Nesbitt, Bryan. 2006. "Handbook of Pumps and Pumping". Elsevier Science & Technology Books.
- Perry, R. H. dkk. 2007. "Perry's Chemical Engineer's Handbook", Volume 8. New York: McGraw-Hill.
- Peters, Max Stone & Klaus D. Timmerhaus. 1991. "Plant Design and Economics for Chemical Engineers" Edisi Keempat. New York: McGraw-Hill.
- Potash Corp. 2012. "Purified Phosphoric Acid Technical Infomation Bulletin." Illinois.
- Powell, Sheppard T. 1954. "Water Conditioning for Industry" Edisi Pertama. New York : McGraw-Hill.
- Rase, Howard F. 1977. "Chemical Reactor Designs for Process Plants" Volume 1. Michigan: John Wiley & Sons.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, dan M.M. Abbott. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic" Edisi ketujuh. New York: McGraw-Hill.
- Sularso & Haruo Tahara. 2000. "Pompa dan Kompresor". Bandung: Pradnya Paramita.
- Treybal, Robert E. 1981. "Mass Transfer Operations". Singapura: McGraw-Hill.
- United Nations Comtrade Database. 2018. comtrade.un.org
- Silla, Harry. 2003. "Chemical Process Engineering; Design and Economices". New York: Marcel Dekker Inc.
- Sinnott R. K. 1999. "Coulson and Richardson's Chemical Engineering" Volume 6. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Towler, Gavin & Ray Sinnott. 2013. "Chemical Engineering Design: Principle, Design, and Economics of Plant and Process Desgin" Edisi Kedua. Waltham: Butterworth-Heinemann.
- Wakefield, Zachary T. 1972. "Heat Capacity and Entalphy of Phosphoric Acid". Tennessee: Tennessee Valley Authority.
- Walas, Stanley M. 1990. "Chemical process Equipment". Newton: Butterworth-Heinemann.
- Wei, Yetang, dkk. 2011 . China Patent CN 103172040 "Production Method of High-Purity Potassium Dihydrogen Phosphate".

West, Clarence J. 1926. "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology". US National Research Council

Yaws, Carl L. 1999. "Chemical Properties Handbook". New York: McGraw-Hill.

<https://www.haifa-group.com/haifa-mkp> (diakses 12 november 2018)

<http://www.scifun.org/GenChem/CHEM WEEK/Phosphoric%20Acid.pdf> (diakses 27 maret 2019)