

**PRARANCANGAN PABRIK *MONOBASIC POTASSIUM PHOSPHATE*
DARI ASAM FOSFAT DAN POTASSIUM HIDROKSIDA
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

(Skripsi)

Oleh

**REYNOLD FIRMAN TUA SIHOMBING
NPM 1915041023**



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

2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *MONOBASIC POTASSIUM PHOSPHATE* DARI ASAM FOSFAT DAN POTASSIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh:

REYNOLD FIRMAN TUA SIHOMBING

Prarancangan Pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* berbahan baku Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida, akan didirikan di Surabaya, Jawa Timur. Pendirian pabrik ini berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, daerah pemasaran, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan yang strategis. Pabrik direncanakan memproduksi *Monobasic Potassium Phosphate* sebanyak 30.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Asam Fosfat sebanyak 2.755,322 kg/jam dan Potassium Hidroksida sebanyak 1577,281 kg/jam. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* berupa pengadaan air, pengadaan listrik, kebutuhan bahan bakar, pengadaan udara kering dan pengadaan udara instrumentasi.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 179 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 624.672.379.569,516
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 110.236.302.276,973
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 734.908.681.846,490
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 41 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 27 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,62 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 1,95 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 44 %
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 35 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 58,02 %

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF MONOBASIC POTASSIUM PHOSPHATE FROM PHOSPHORIC ACID AND POTASSIUM HYDROXIDE WITH CAPACITY OF 30.000 TONS/YEAR (Design of Reactor (RE-201))

By:

REYNOLD FIRMAN TUA SIHOMBING

Design of Monobasic Potassium Phosphate plant made from Phosphoric Acid and Potassium Hydroxide, is planned to be established in Surabaya, Jawa Timur. The establishment of the factory is based on consideration of the availability of raw materials, process support units, adequate transportation, easily available labor, and strategic environmental conditions. The plant is planned to produce 30,000 tons of Monobasic Potassium Phosphate/year, with an operating time of 24 hours/day, for 300 days/year. The raw material used is Phosphoric Acid as much as 2.755,322 kg/hour and Potassium Hydroxide as much as 1577,281 kg/hour. The provision of factory utility needs consists of water supply units, air supply, electricity supply units, and sewage treatment units.

The form of the company is a Limited Liability Company (Ltd) using a line and staff company organizational structure with a total of 179 workers.

From economic analysis, it is obtained that:

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp 624.672.379.569,516
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp 110.236.302.276,973
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp 734.908.681.846,490
Break Even Point	(BEP)	= 41 %
Shut Down Point	(SDP)	= 27 %
Pay Out Time before taxes	(POT) _b	= 1,62 years
Pay Out Time after taxes	(POT) _a	= 1,95 years
Return on Investment before taxes	(ROI) _b	= 44 %
Return on Investment after taxes	(ROI) _a	= 35 %
Discounted cash flow	(DCF)	= 58,02 %

Considering the explanation above, it is appropriate for the establishment of a Monobasic Potassium Phosphate plant to be studied further, because it has high profits in the future.

**PRARANCANGAN PABRIK MONOBASIC POTASSIUM PHOSPHATE
DARI ASAM FOSFAT DAN POTASSIUM HIDROKSIDA
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

**Oleh
REYNOLD FIRMAN TUA SIHOMBING
1915041023**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK *MONOBASIC*
POTASSIUM PHOSPHATE DARI ASAM
FOSFAT DAN POTASSIUM HIDROKSIDA
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-
201))**

Nama Mahasiswa

: **Reynold Firman Tua Sihombing**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915041023

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.
NIP. 196902081997032001

Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 198503122008122004

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

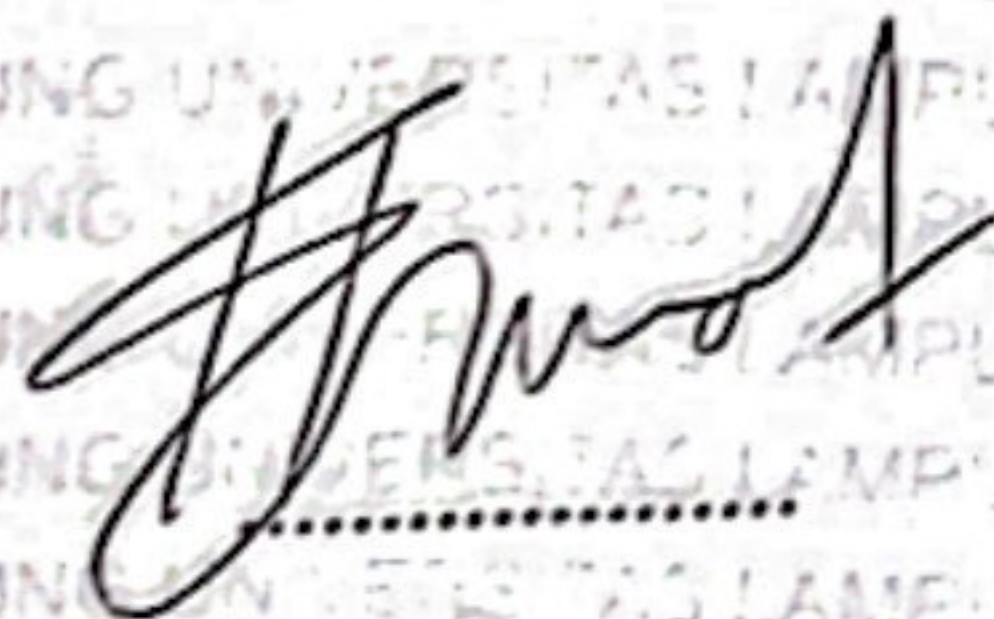
Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

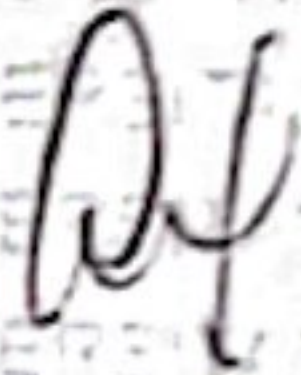
Ketua

: Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



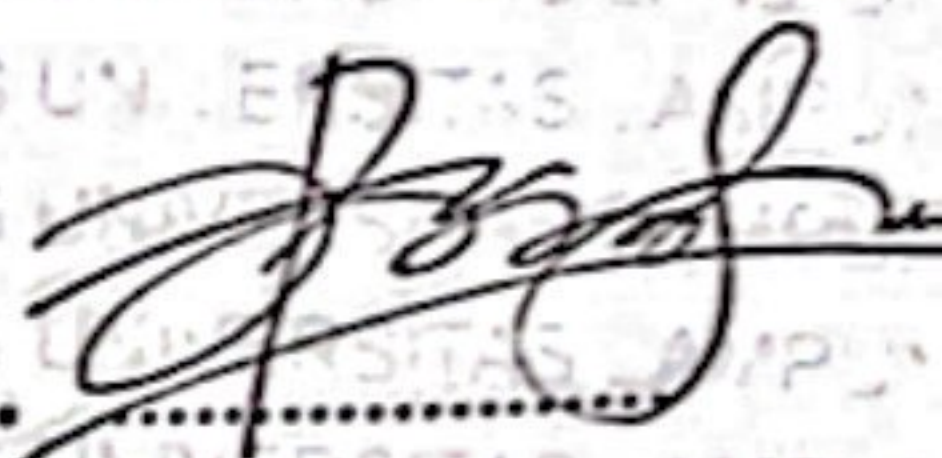
Sekretaris

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

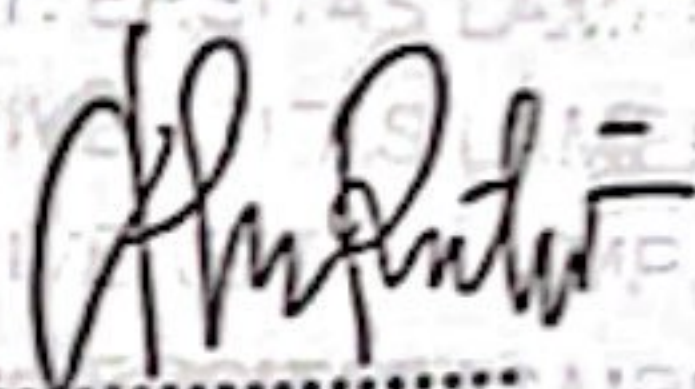


Penguji

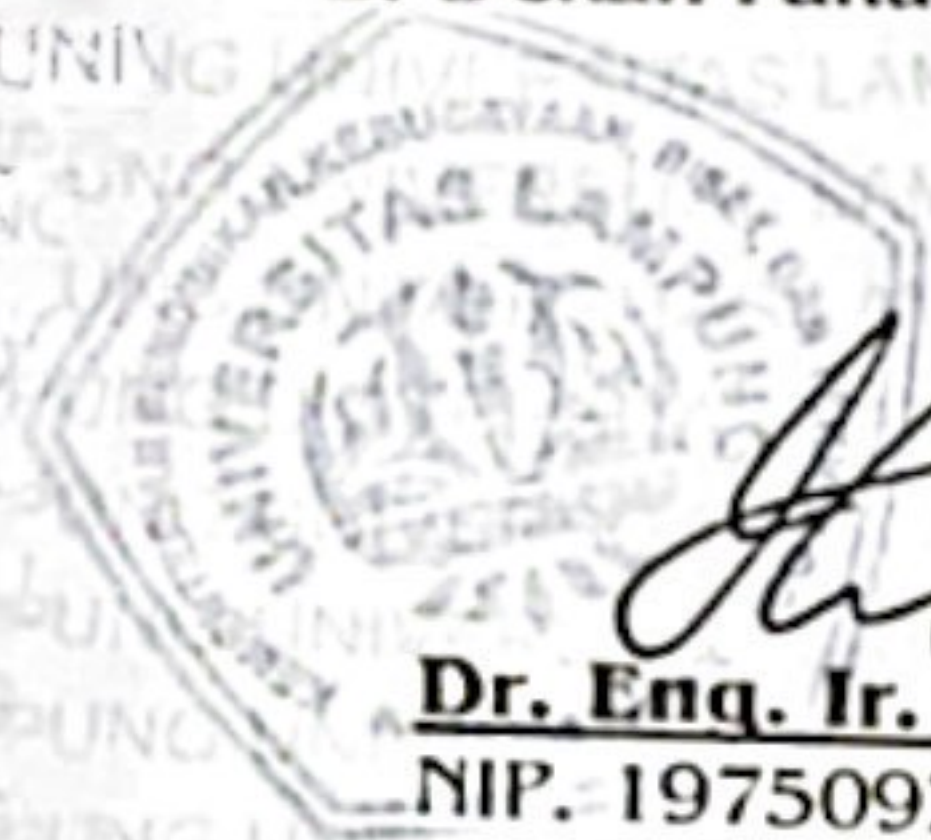
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM.



Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 April 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 05 Mei 2024



678D9AKX776760890
Keyhold Firman Tua S. NPM.
1915041039

RIWAYAT HIDUP



Reynold Firman Tua Sihombing, penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Lampung pada tanggal 03 April 2001 sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Saut Sihombing dan Ibu Juanita.

Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak-Kanak Trisula 3 pada tahun 2007, kemudian Sekolah Dasar Negeri 1 Palapa Bandar Lampung pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Semen Gresik pabrik Rembang, Jawa Tengah dengan Tugas Khusus “Evaluasi kinerja *Clinker Cooler*”. Pada tahun yang sama, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Volume Dimetil Sulfat ($C_2H_6SO_4$) dan Waktu Reaksi Terhadap Karakteristik *Hydroxypropyl Methylcellulose* (HPMC) dari α -Selulosa Batang Singkong” di Laboratorium Rekayasa Polimer, Serat dan Resin Teknik Kimia FT Unila.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi sebagai staff magang di Departemen Kesekertariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila pada periode 2019, anggota Devisi Persekutuan Umum Forum Komunikasi Mahasiswa Kristen Fakultas Teknik (FKMK-FT) Unila pada periode 2020, serta staff Departemen Kesekertariatan Himatemia FT Unila periode 2020. Selain itu, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Operasi Teknik Kimia I dengan modul “Sedimentasi” (Semester Genap 2022/2023), serta Asisten Praktikum Operasi Teknik Kimia I dengan modul “Sedimentasi” untuk mahasiswa DIII Kimia Industri Universitas Jambi (Semester Ganjil 2023/2024).

Always have faith in Jesus Christ, and be kind to each other.

...

““Give your entire **attention** to what God is doing right now, and don't get worked up about what may or may not happen tomorrow. **God will help you** deal with whatever hard things come up when the time comes.”

Matthew 6:34 (MSG)

Sebuah KaryaKu...

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

*Allah Bapa, Tuhan Yesus, dan Roh Kudus,
 Karena Kasih dan Rahmat-Nya semua ini boleh terjadi
 Penyertaan dan Pertolongan-Nya yang bersamaku senantiasa
 Berkat-berkat-Nya yang berlimpah-limpah atasku
 Perlindungan-Nya besertaku selamanya.
 Halleluya, Hosanna bagi-Nya.*

*Mama Juanita dan Bapak Saut Sihombing,
 Terima kasih atas doa dan dukungan yang tiada henti untukku, serta ajaran
 dan didikan yang tiada henti di hidupku.
 Tugas Akhir dan Gelar ini adalah tanda perjuangan Mama dan Bapak yang
 telah membesarkan aku dengan segala pengorbanan, Semoga Tuhan Yesus selalu
 menyertai dan memimpin kehidupan Mama dan Bapak sampai di Surga bersama
 Allah Bapa.*

*Abang dan Kakak-kakakku, Octavianus, Nora, Yohanna, Endar, Elsa, Kristian
 Terima Kasih banyak atas doa, dukungan, dana, serta didikan dan nasehat
 abang dan kakak selama perkuliahan ku. You all are my Treasures ♡*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
 Terima kasih atas ilmu, bimbingan, nasihat, dukungan dan apresiasi yang telah
 diberikan selama ini.*

*Dan Almamaterku tercinta,
 Semoga kelak berguna di kemudian hari.*

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “ Prarancangan Pabrik *Monobasic Photassium Phosphate* dari Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

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

1. Allah Bapa, Tuhan Yesus, Roh Kudus.
2. Ibu Juanita dan Bapak Saut Partogi selaku kedua orang tua penulis, serta Abang dan Kakak penulis yaitu Octavianus, Nora Elizabeth, Endar Drianto, Yohanna Marthalina, Elsa Beatrixs, Kristian Aji, telah memberi dukungan moril dan materil selama berlangsungnya penelitian dan penyusunan laporan
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ilmu, saran, bimbingan, nasehat, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. serta kalimat semangat yang menjadi penguat bagi penulis. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, saran dengan perspektif yang berbeda, bimbingan, nasehat,

pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir sehingga penulis mendapat banyak masukan dan sudut pandang baru yang sebelumnya tidak pernah terpikirkan. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

6. Bapak Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM. selaku Dosen Peguji I, terima kasih telah memberikan ilmu, saran, nasehat dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
7. Bapak Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan ilmu, saran, dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir, serta apresiasi positif kepada Penulis. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Faiz Muna Azzahra Pradanta, partner Tugas Akhir yang telah bersama-sama berjuang didalam penyelesaian Tugas Akhir ini, didalam senang dan susah, yang menjadi teman yang baik, pendengar yang baik, teman gossip :p, sobat komar :). Semoga pertemanan kita terus berlanjut masa yang mendatang, dan kita cerita tentang hari ini sama-sama!!.
10. Ketrine Shapa Vitaloka, sahabat, teman seperjuangan tekkim, partner KP yang telah banyak membantu dan mendukung dalam perkuliahan, juga menjadi teman berbincang, bercanda, dan tertawa. Terima kasih untuk banyak hal selama ini, dan kiranya kita bertemu kembali di masa mendatang.
11. Ni Putu Ariessa, sahabat dan teman berjuang yang teramat sangat baik mendukung, mendoakan, memberi ilmu, dan juga menemani masa perkuliahan, semoga persahabatan kita berlangsung hingga tua nanti.
12. Salsabilla Raninta Putri, teman berjuang di tekkim, terima kasih atas segala doa, dukungan, dan bantuannya selama ini.
13. Elen, Rafli Akbar, Alvita, Septiana, Galuh, Audhea, yang telah menjadi teman di Teknik Kimia 2019, terima kasih atas dukungannya.

14. Carolina Yohana, sahabat sedari kecil, yang selalu menemani, mendukung, mendoakan, dan mendengarkan semua hal yang terjadi sepanjang 11 tahun bersama.
15. Sahabat-sahabat sedari SMA, Nadia Mariam, Alisya Gita, Rana Salsabilla, Clarisa Tri, Febriansyah Dwi, yang selalu menjadi teman yang baik.
16. Kakak tingkat dan adik tingkat di Teknik Kimia Universitas Lampung, yang telah banyak mendukung dan memberi bantuan selama masa perkuliahan.
17. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan yang Maha Kuasa membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik lagi dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Bandar Lampung, 10 Juni 2024

Penulis,

Reynold Firman Tua Sihombing

DAFTAR ISI

COVER	i
ABSTRAK (BAHASA)	ii
ABSTRACT (ENGLISH)	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.4 Kapasitas Perancangan	4
1.5 Lokasi Pabrik	7
BAB II DESKRIPSI PROSES	12
2.1 Jenis – Jenis Proses	12
2.1.1 Proses MKP dari Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida.	12
2.1.2 Proses MKP dari Asam Fosfat dan Potassium Klorida	14
2.2 Pemilihan Proses	15
2.2.1 Perhitungan Ekonomi	16
2.2.2 Kelayakan Teknis	20
2.2.3 Konstanta Keseimbangan Reaksi	29

2.3	Deskripsi Proses	31
BAB III	.....	34
SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK	.....	34
3.1	Bahan Baku	34
3.1.1	Asam Fosfat	34
3.1.2	Potassium Hidroksida	34
3.2	Bahan Produk	35
3.2.1	Monobasic Potassium Phosphate	35
3.2.2	Air	35
BAB IV	.....	36
NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	.....	36
4.1	Neraca Massa	36
4.1.1	<i>Dissolution Tank</i> (DT-101)	37
4.1.2	Reaktor (RE-201)	38
4.1.3	<i>Cooling Tank</i> (CT-301)	39
4.1.4	<i>Spray Dryer</i> (SD-301)	40
4.1.5	Cyclone Separator (CS-401)	41
4.2	Neraca Energi	43
4.2.1	<i>Dissolution Tank</i> (DT-101)	43
4.2.2	<i>Heater</i> (HE-101)	44
4.2.3	Reaktor (RE-201)	44
4.2.4	<i>Cooling Tank</i> (CT-301)	45
4.2.5	<i>Heater</i> (HE-301)	45
4.2.6	<i>Spray Dryer</i> (SD-301)	46
BAB V	.....	47
SPESIFIKASI ALAT	.....	47

5.1	Peralatan Proses.....	47
5.1.1	Tangki Penyimpanan Asam Fosfat (ST-101).....	47
5.1.2	<i>Heater</i> (HE-101)	49
5.1.3	<i>Bucket Elevator</i> KOH (BE-101)	50
5.1.4	<i>Storage</i> KOH (SS-101)	51
5.1.5	<i>Hopper</i> (H-101).....	52
5.1.6	<i>Screw Conveyor</i> (SC-101).....	53
5.1.7	<i>Bucket Elevator</i> (BE-102)	54
5.1.8	<i>Dissolution Tank</i> (DT-101)	55
5.1.9	Reaktor (RE-201)	56
5.1.9	<i>Cooling Tank</i> (CT-301).....	58
5.1.10	<i>Spray Dryer</i> (SD-301).....	60
5.1.11	<i>Blower</i> (BL-301)	61
5.1.12	<i>Fan</i> (FN-301)	61
5.1.13	Cyclone Seperator (CS-301)	62
5.1.14	<i>Storage</i> KH_2PO_4 (SS-401)	63
5.1.15	<i>Screw Conveyor</i> (SC-301)	64
5.1.16	<i>Bucket Elevator</i> (BE-301)	65
5.1.17	Gudang Produk (WH-401).....	66
5.1.18	<i>Belt Conveyor</i> (BC-401)	67
5.1.19	Pompa Proses (PP-101).....	68
5.1.20	Pompa Proses (PP-102).....	69
5.1.21	Pompa Proses (PP-201).....	70
5.1.22	Pompa Proses (PP-301).....	71

5.1.23	Heater (HE-301).....	72
5.2	Peralatan Utilitas	73
5.2.1	Bak Sedimentasi (BS-501).....	73
5.2.2	Tangki Alum (TP-501).....	74
5.2.3	Tangki Kaporit (TP-502).....	75
5.2.4	Tangki NaOH (TP-503)	76
5.2.5	<i>Clarifier</i> (CL-501).....	77
5.2.6	<i>Sand Filter</i> (SF-501)	78
5.2.7	<i>Filtered Water Tank</i> (TP-504)	79
5.2.8	<i>Domestic Water Tank</i>	80
5.2.9	<i>Hydrant Water Tank</i>	81
5.2.10	Tangki Inhibitor (TP-505).....	82
5.2.11	Tangki Dispersant (TP-506).....	83
5.2.12	<i>Cooling Tower</i> (CT-501)	84
5.2.13	Pompa Utilitas (PU-501).....	85
5.2.14	Pompa Utilitas (PU-502).....	86
5.2.15	Pompa Utilitas (PU-503).....	87
5.2.16	Pompa Utilitas (PU-504).....	88
5.2.17	Pompa Utilitas (PU-505).....	89
5.2.18	Pompa Utilitas (PU-506).....	90
5.2.19	Pompa Utilitas (PU-507).....	91
5.2.20	Pompa Utilitas (PU-508).....	92
5.2.21	Pompa Utilitas (PU-509).....	93
5.2.22	Pompa Utilitas (PU-510).....	94

5.2.23	Pompa Utilitas (PU-511).....	95
5.2.24	Pompa Utilitas (PU-512).....	96
5.2.25	Pompa Utilitas (PU-513).....	97
5.2.26	<i>Air Blower</i> (AB-601)	98
5.2.27	<i>Dehumidifier</i> (D-601).....	98
5.2.28	<i>Air Compressor</i> (AC-601).....	99
5.2.29	<i>Cyclone</i> (CY-601)	99
5.2.30	<i>Air Blower</i> (AB-602)	100
5.2.31	<i>Air Blower</i> (AB-603)	100
5.2.32	Tangki <i>Hot Oil</i>	101
5.2.33	Burner.....	102
BAB VI	.....	103
UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	.....	103
6.1	Unit Pendukung Proses	103
6.1.1	Unit Penyediaan Air	103
6.1.2	Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	116
6.1.3	Sistem Penyediaan Bahan Bakar.....	117
6.1.4	Unit Penyedia Udara Tekanan	117
6.2	Pengelolaan Limbah	118
6.3	Laboratorium	118
6.4	Instrumentasi dan Pengendalian Proses	122
BAB VII	.....	125
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	.....	125
7.1	Lokasi Pabrik.....	125
7.2	Tata Letak Pabrik	128
7.3	Estimasi Area Lingkungan Pabrik.....	131

BAB VIII.....	135
SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN.....	135
8.1 <i>Project Master Schedule</i>	135
8.2 Bentuk Perusahaan	137
8.3 Struktur Organisasi.....	140
8.4 Tugas dan Wewenang	144
8.5 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	156
8.6 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	159
8.7 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Tenaga Kerja	161
8.8 Kesejahteraan Karyawan	167
8.9 Bahaya Pada Pabrik (<i>Hazard</i>)	170
BAB XI.....	172
INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	172
9.1 Investasi.....	172
9.1.1 Fixed Capital Investment (Modal Tetap)	172
9.1.2 Working Capital Investment (Modal Kerja)	174
9.1.3 Total Production Cost (TPC)	174
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	178
9.2.1 Return on Investment (ROI)	179
9.2.2 Pay Out Time (POT)	180
9.2.3 Break Even Point (BEP).....	181
9.2.4 Shut Down Point (SDP)	181
9.3 Angsuran Pinjaman	182
9.4 Discounted Cash Flow (DCF)	182
BAB X.....	184
KESIMPULAN DAN SARAN	184

10.1	Kesimpulan.....	184
10.2	Saran.....	185
DAFTAR PUSTAKA.....		186
LAMPIRAN.....		188

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor MKP di Indonesia	4
Tabel 1. 2 Data MKP di Asia Tenggara	6
Tabel 2. 1 Harga bahan baku dan produk.....	16
Tabel 2. 2 Data ΔG°_f dan ΔH°_f	20
Tabel 2. 3 Kriteria pemilihan proses	28
Tabel 4. 1 Neraca Massa pada Dissolution Tank.....	37
Tabel 4. 2 Neraca Massa pada Reaktor	38
Tabel 4. 3 Neraca Massa pada Cooling Tank.....	39
Tabel 4. 4 Neraca Massa pada Homogenizer	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Neraca Massa pada Spray Dryer	40
Tabel 4. 6 Neraca Massa pada Cyclone Separator	41
Tabel 4. 7 Neraca Energi pada Dissolution Tank.....	43
Tabel 4. 8 Neraca Energi pada Heater (HE-101)	44
Tabel 4. 9 Neraca Energi pada Reaktor	44
Tabel 4. 10 Neraca Energi pada Cooling Tank	45
Tabel 4. 11 Neraca Energi pada Heater Udara	45
Tabel 4. 12 Neraca Energi pada Spray Dryer.....	46
Tabel 5. 1 Spesifikasi Tangki H_3PO_4 (ST-101).....	47
Tabel 5. 2 Spesifikasi Heater (HE-101)	49
Tabel 5. 3 Spesifikasi Storage KOH (SS-101)	51

Tabel 5. 4 Spesifikasi Hopper (H-101)	52
Tabel 5. 5 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-101).....	53
Tabel 5. 6 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-101)	54
Tabel 5. 7 Spesifikasi Dissolution Tank (DT-101)	55
Tabel 5. 8 Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	56
Tabel 5. 9 Spesifikasi Cooling Tank (CT-301)	58
Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Homogenizer (HO-301) Error! Bookmark not defined.	
Tabel 5. 11 Spesifikasi Spray Dryer (SD-301).....	60
Tabel 5. 12 Spesifikasi Blower (BL-301).....	61
Tabel 5. 13 Spesifikasi Fan (FN-301)	61
Tabel 5. 14 Spesifikasi Cyclone Separator (CS-301).....	62
Tabel 5. 15 Spesifikasi Storage KH_2PO_4 (SS-401)	63
Tabel 5. 16 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-301).....	64
Tabel 5. 17 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-301)	65
Tabel 5. 18 Spesifikasi Gudang Penyimpanan Produk (WH-401).....	66
Tabel 5. 19 Spesifikasi Belt Conveyor (BC-401).....	67
Tabel 5. 20 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	68
Tabel 5. 21 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	69
Tabel 5. 22 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201)	70
Tabel 5. 23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	71
Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Proses (PP-302) ... Error! Bookmark not defined.	
Tabel 5. 25 Spesifikasi Heater (HE-301)	72
Tabel 5. 26 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-501).....	73

Tabel 5. 27 Spesifikasi Tangki Alum (TP-501)	74
Tabel 5. 28 Spesifikasi Tangki Kaporit (TP-502)	75
Tabel 5. 29 Spesifikasi Tangki NaOH (TP-503)	76
Tabel 5. 30 Spesifikasi Clarifier (CL-501)	77
Tabel 5. 31 Spesifikasi Sand Filter (SF-501)	78
Tabel 5. 32 Spesifikasi Filtered Water Tank (TP-504)	79
Tabel 5. 33 Spesifikasi Domestic Water Tank	80
Tabel 5. 34 Spesifikasi Hydrant Water Tank	81
Tabel 5. 35 Spesifikasi Tangki Inhibitor (TP-505)	82
Tabel 5. 36 Spesifikasi Tangki Inhibitor (TP-505)	83
Tabel 5. 37 Spesifikasi Cooling Tower (CT-501)	84
Tabel 5. 38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	85
Tabel 5. 39 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	86
Tabel 5. 40 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	87
Tabel 5. 41 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-504)	88
Tabel 5. 42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-505)	89
Tabel 5. 43 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-506)	90
Tabel 5. 44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-507)	91
Tabel 5. 45 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-508)	92
Tabel 5. 46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-509)	93
Tabel 5. 47 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-510)	94
Tabel 5. 48 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-511)	95
Tabel 5. 49 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-512)	96
Tabel 5. 50 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-513)	97

Tabel 5. 51 Spesifikasi Air Blower (AB-601).....	98
Tabel 5. 52 Spesifikasi Dehumidifier (D-601)	98
Tabel 5. 53 Spesifikasi Air Compressor (AC-601)	99
Tabel 5. 54 Spesifikasi Cyclone (CY-601).....	99
Tabel 5. 55 Spesifikasi Air Blower (AB-602).....	100
Tabel 5. 56 Spesifikasi Air Blower (AB-603).....	100
Tabel 5. 57 Spesifikasi Tangki Hot Oil	101
Tabel 5. 58 Spesifikasi Burner	102
Tabel 6. 1 Kebutuhan Air untuk General Uses	104
Tabel 6. 2 Kebutuhan Air Pendingin	106
Tabel 6. 3 Kebutuhan Air Untuk Proses.....	110
Tabel 6. 4 Kebutuhan Air Pabrik.....	111
Tabel 6. 5 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.	123
Tabel 6. 6 Pengendalian Variabel Utama Proses.....	124
Tabel 7. 1 Perincian luas area Pabrik Monobasic Potassium Phosphate.....	131
Tabel 8. 1 <i>Project Master Schedule</i>	137
Tabel 8. 2 Daftar Gaji Karyawan	157
Tabel 8. 3 Jadwal kerja masing - masing regu	160
Tabel 8. 4 Perincian Tingkat Pendidikan	161
Tabel 8. 5 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis dan Banyak Alat	164
Tabel 8. 6 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis dan Banyak Alat	164
Tabel 8. 7 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	165
Tabel 9. 1 Fixed Capital Investment.....	173

Tabel 9. 2 Manufacturing Cost.....	175
Tabel 9. 3 General Expenses	176
Tabel 9. 4 Biaya Administratif	176
Tabel 9. 5 Minimum Acceptable Persent Return on Investment.....	179
Tabel 9. 6 Acceptable Pay Out Time untuk Tingkat Resiko Pabrik	180

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan MKP di Indonesia.....	5
Gambar 1. 2 Grafik MKP di Asia Tenggara.....	6
Gambar 1. 3 Lokasi Pendirian Pabrik.....	8
Gambar 2. 1 Struktur Monobasic Potassium Phosphate.....	13
Gambar 4. 1 Blok Diagram Proses Pembuatan MKP.....	36
Gambar 6. 1 Cooling Tower	108
Gambar 6. 2 Diagram Cooling Water System.....	109
Gambar 6. 3 Diagram Alir Pengolahan Air.....	111
Gambar 7. 1 Lokasi Pabrik di Surabaya, Jawa Timur.....	132
Gambar 7. 2 Area Pabrik Monobasic Potassium Phosphate	132
Gambar 7. 3 Tata Letak Pabrik Monobasic Potassium Phosphate	133
Gambar 9. 1 Grafik Analisis Ekonomi.....	182
Gambar 9. 2 Kurva Cumulative Cash Flow terhadap Umur Pabrik.....	183
Gambar 9. 3 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	183

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang saat ini giat melaksanakan pembangunan di berbagai bidang termasuk pembangunan di sektor ekonomi, yang sedang dilakukan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Untuk mencapai tujuan ini pemerintah menitikberatkan pada pembangunan di sektor industri. Pembangunan industri ditujukan untuk memperkuat struktur ekonomi nasional dengan keterkaitan yang kuat dan saling mendukung antar sektor, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja dan kesempatan usaha sekaligus mendorong berkembangnya kegiatan berbagai sektor pembangunan lainnya.

Salah satu industri kimia yang mempunyai kegunaan yang penting dan memiliki peluang yang besar di masa mendatang adalah *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) [KH_2PO_4]. *Monobasic Potassium Phosphate* ditemukan pada tahun 1821. *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP)

adalah suatu senyawa yang digunakan sebagai pupuk, terutama untuk tanaman buah-buahan. Senyawa ini selain mensuplai unsur Phospor juga sekaligus memberikan unsur Kalium yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan Fosfat dan Kalium yang tinggi di dalam *Monobasic Potassium Phosphate* sangat berguna bagi kelangsungan pertumbuhan tanaman seperti mempercepat pertumbuhan, mempercepat pembuahan, serta dapat memperkuat akar dan bunga pada tanaman agar tidak mudah rontok. Sehingga pupuk *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) ini sering digunakan oleh para petani di Indonesia untuk berbagai tanaman khususnya tanaman padi dan buah-buahan agar tanaman subur dan cepat berbuah.

Pertimbangan utama yang melatarbelakangi berdirinya pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Indonesia pada dasarnya sama dengan investasi – investasi di sektor lain, yaitu untuk melakukan usaha yang secara sosial ekonomi cukup menguntungkan baik itu di pihak penanam modal, pelaku usaha, pemerintah dan peningkatan perekonomian negara. *Monobasic Potassium Phosphate* dimasa mendatang memiliki prospek yang baik, dalam pengertian memiliki potensi pasar, mudah diperoleh bahan baku, dan juga terdapatnya sumber daya manusia, maka dapat diperkirakan dapat diperoleh keuntungan dengan didirikannya pabrik ini.

Monobasic Potassium Phosphate (MKP) memiliki tingkat konsumsi penggunaan yang tinggi di Indonesia. Hingga saat ini Indonesia masih mengimpor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) dalam jumlah yang

cukup besar. Menurut data Kementrian Perindustrian Republik Indonesia (KEMENPERIN) dan Badan Pusat Statistik Indonesia, di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP), walaupun sebagian besar bahan bakunya sudah diproduksi di dalam negeri. Dengan adanya pendirian pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) diharapkan akan menimbulkan dampak yang sangat positif bagi pertumbuhan perindustrian, dimana dapat mengurangi angka impor *Monobasic Potassium Phosphate* di Indonesia dan meningkatkan perekonomian bangsa Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Monobasic Potassium Phosphate (MKP) adalah suatu senyawa yang digunakan sebagai pupuk, terutama untuk tanaman buah-buahan. Senyawa ini selain memiliki kandungan fosfat dan kalium yang cukup tinggi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, dimana kandungan Fosfat mencapai 52% dan kandungan Kalium mencapai 34%.

Ada beberapa senyawa Fosfat lain yang dapat difungsikan sebagai pupuk Fosfat, akan tetapi *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) memberikan beberapa kelebihan diantaranya memiliki kadar Phospor dan Kalium yang tinggi sehingga dapat disuplai untuk tanaman lebih banyak, disamping itu kemudahannya mengurai dalam air lebih besar sehingga distribusinya sebagai makanan tanaman lebih baik (Pechtin & Iannicelli, 2009).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada pabrik ini adalah Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida. Bahan baku Asam Fosfat dapat didatangkan dari PT. Petrokimia Gresik yang memiliki kapasitas 200.000 ton/tahun, sedangkan bahan baku Potassium Hidroksida dapat diperoleh dari PT. Aneka Kimia Inti Surabaya, Jawa Timur.

1.4 Kapasitas Perancangan

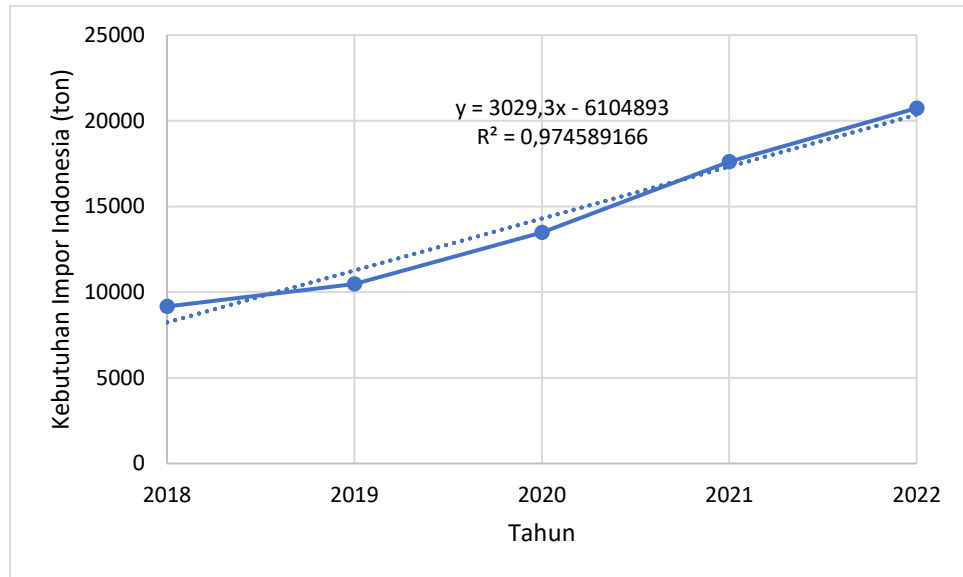
Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) yang akan dirancang, sebelumnya perlu diketahui dengan jelas kebutuhan impor dalam negeri. Hal ini dilakukan untuk melihat banyaknya kapasitas yang perlu dicukupi di dalam negeri. Data impor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Indonesia dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1. 1 Data Impor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Indonesia

Tahun	Kebutuhan di Indonesia (ton)
2018	9.164
2019	10.467
2020	13.481
2021	17.618
2022	20.735

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Untuk menentukan kapasitas produksi pabrik yang direncanakan akan berdiri pada tahun 2028 dapat dihitung dengan metode linier data impor dalam negeri dengan grafik dibawah ini:



Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan Monobasic Potassium Phosphate (MKP) di Indonesia

Untuk menghitung kebutuhan impor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) tahun berikutnya maka menggunakan persamaan garis lurus:

$$y = ax + b$$

Keterangan: y = kebutuhan impor *Monobasic Potassium Phosphate*

x = tahun

b = intercept

a = gradien garis miring

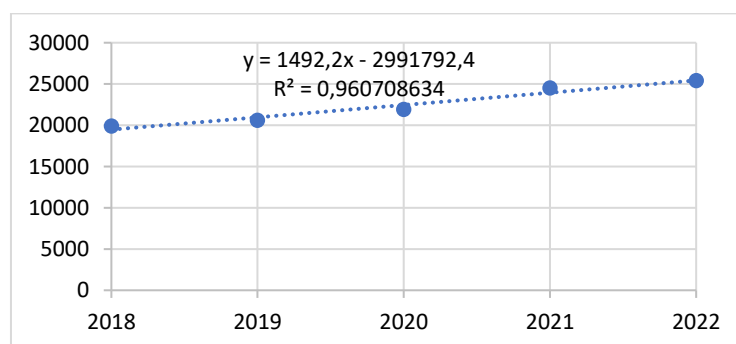
Dari hasil linierisasi diperoleh persamaan $y = 3029,3x - 6104893$. Kemudian dengan persamaan tersebut didapatkan kebutuhan *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Indonesia pada tahun 2028 sebanyak 38.527ton dan pabrik ini direncanakan akan memenuhi 50% kebutuhan

Monobasic Potassium Phosphate (MKP) di Indonesia pada tahun 2028, sesuai dengan ketentuan kapasitas produksi di Indonesia pada UU no. 5 tahun 1999. Meski demikian, target penjualan *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) ini tidak hanya sampai memenuhi kebutuhan dalam negeri saja, tetapi juga menargetkan penjualan ke negara Asia Tenggara lainnya. Berikut merupakan data kebutuhan impor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Asia Tenggara:

Tabel 1. 2 Data Impor *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Asia Tenggara

Tahun	Malaysia (ton)	Singapore (ton)	Thailand (ton)	Total (Ton)
2018	9.359	2.726	7.790	19.875
2019	9.655	2.923	8.023	20.601
2020	9.311	3.968	8.618	21.897
2021	10.004	3.9770	10.516	24.497
2022	9.808	4.010	11.570	25.388

Sumber: UN Data World, 2023



Gambar 1. 2 Grafik kebutuhan Monobasic Potassium Phosphate (MKP) di Asia Tenggara

Dari hasil linierisasi diperoleh persamaan $y = 1492,2x - 2991792,4$. Sehingga didapatkan kebutuhan *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) di Asia Tenggara pada tahun 2028 sebanyak 34.389 ton. Direncanakan pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) akan memenuhi kebutuhan di Asia Tenggara sebesar 32%. Sehingga total kapasitas pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) yang akan didirikan yaitu sebesar:

$$m = m_1 + m_2$$

$$m = (19.263 + 11.004) \text{ ton/th}$$

$$m = 30.267 \text{ ton/th} \approx 30.000 \text{ ton/th}$$

Dengan, m = kapasitas pabrik baru (ton/th)

m_1 = kapasitas Indonesia (ton/th)

m_2 = kapasitas luar negeri (ton/th)

Jadi kapasitas pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) yang akan dibangun adalah sebesar 30.000 ton/tahun.

1.5 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor. Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas atau memperbesar pabrik di kemudian hari dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang.

Banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik. Faktor ini dapat dibagi menjadi faktor primer dan faktor sekunder. Faktor primer terdiri dari sumber bahan baku, daerah pemasaran dan transportasi. Faktor sekunder terdiri dari utilitas seperti persediaan air dan sumber tenaga listrik, kemudahan ketersediaan tenaga kerja, iklim, komunitas masyarakat, keadaan tanah dan lain-lain. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) dari asam fosfat dan potassium hidroksida yang akan didirikan di Kec. Wonokromo, Surabaya, Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut:



Gambar 1. 3 Lokasi Pendirian Pabrik

Sumber: (<https://maps.google.com>) 2023

1. Faktor Primer

a) Bahan Baku

Lokasi bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan hidup suatu pabrik. Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku yaitu asam fosfat dan potassium hidroksida. Asam Fosfat didatangkan dari PT. Petrokimia Gresik yang memiliki kapasitas

200.000 ton/tahun, sedangkan bahan baku Potassium Hidroksida dapat diperoleh dari PT. Aneka Kimia Inti Surabaya, Jawa Timur.

b) Pemasaran

Pemasaran produk sebagian besar untuk mencukupi kebutuhan impor dalam negeri dengan prioritas utama pemasaran *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) yaitu pada industri pertanian di Indonesia, dan Surabaya sebagai salah satu kota pusat industri di Indonesia memiliki peluang besar memberikan kemudahan dalam akses pemasaran untuk pasar industri di Indonesia.

c) Transportasi

Transportasi sangat penting bagi suatu industri. Daerah Surabaya dekat dengan pelabuhan untuk keperluan transportasi impor-ekspor serta jalan raya dan jalan tol yang memadai sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku dan produk.

d) Utilitas

Pada perancangan suatu pabrik, faktor seperti air, tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai yaitu Sungai Kalimas yang berada di Kec. Wonokromo, Surabaya Jawa Timur. Sedangkan, pembangkit listrik utama untuk pabrik menggunakan PLN dan generator yang bahan bakarnya adalah solar.

2. Faktor Sekunder

a) Kebijakan Pemerintah

Surabaya, Jawa Timur merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia, sehingga kebijakan pemerintah dalam hal perijinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial dan perluasan pabrik memungkinkan untuk berdirinya pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP).

b) Tanah dan Iklim

Penentuan kawasan industri terkait dengan masalah tanah yaitu tidak rawan terhadap bahaya tanah longsor, gempa maupun banjir, sehingga pemilihan lokasi pendirian pabrik di kawasan industri Surabaya tepat walaupun masih diperlukan kajian lebih lanjut tentang masalah tanah sebelum pabrik didirikan. Kondisi iklim di Surabaya seperti iklim di Indonesia pada umumnya dan tidak membawa pengaruh yang besar terhadap jalannya proses produksi.

c) Tenaga Kerja

Sebagian dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian lain sarjana sesuai dengan kebutuhan. Faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja pada tenaga kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan bekerja sebagaimana mestinya.

d) Keadaan Masyarakat

Masyarakat Jawa merupakan campuran dari berbagai suku bangsa yang hidup saling berdampingan. Pembangunan pabrik di lokasi tersebut dipastikan akan mendapatkan sambutan baik dan dukungan dari masyarakat setempat, seta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

BAB II

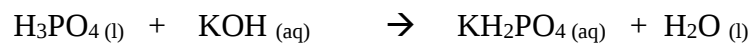
DESKRIPSI PROSES

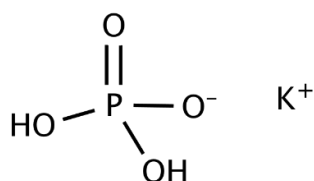
2.1 Jenis – Jenis Proses

Monobasic Potassium Phosphate dapat diproduksi dengan berbagai macam proses yang dibedakan dari bahan baku yang digunakan. Hal tersebut perlu ditinjau lebih lanjut untuk mendapatkan proses dengan hasil yang paling optimal. Berikut adalah macam-macam proses pembuatan *Monobasic Potassium Phosphate* secara komersil

2.1.1 Proses Pembuatan Monobasic Potassium Phosphate dari Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida.

Reaksi yang terjadi antara Potassium Hidroksida dan Asam Fosfat merupakan reaksi eksotermis dengan kondisi operasi reaktor pada temperature sebesar 80°C dengan tekanan 1 atm dan konversi sebesar 99%. Adapun reaksi yang terjadi yaitu:





Gambar 2. 1 Struktur Monobasic Potassium Phosphate

Sumber: (molekula.com)

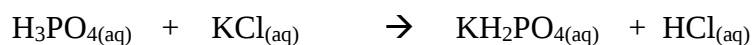
Pada proses pereaksian biasanya menggunakan asam fosfat konsentrasi 85% dalam larutan berair dan potassium hidroksida dengan konsentrasi sekitar 48%. Keduanya direaksikan ke dalam reaktor dengan menggunakan agitator selama 10-120 menit. Air dapat ditambahkan untuk mengencerkan campuran reaksi dan mempertahankan slurry. Setelah pencampuran reaksi tersebut, keluaran reaktor yaitu *Monobasic Potassium Phosphate* (MKP) didinginkan dan ditampung ke dalam Cooling Tank agar dapat mengkristal. Selanjutnya MKP dihomogenkan ke dalam Homogenizer untuk menyeragamkan ukuran partikel dan memperkecil ukuran partikel dalam slurry yang didinginkan. Kemudian, feed diumpankan ke dalam Spray Dryer dengan tujuan menguapkan dan mengeringkan larutan/slurry sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Proses yang terjadi di dalam spray dryer ialah umpan yang berasal dari Homogenizer diumpankan kedalam Drying Chamber melalui Spray Disk Atomizer yang dipasang diatas alat. Umpan tersebut dikabutkan menjadi butir-butir halus, yang kemudian dilemparkan secara radial kedalam arus udara panas yang masuk melalui puncak Drying Chamber, sehingga umpan tadi

akan mengering. Pada proses ini temperatur udara masuk diatur sekitar 300°C dan 550°C dan temperature udara keluaran diatur sekitar 90°C dan 105°C. Produk yang dihasilkan umumnya berupa bubuk dengan ukuran sekitar 75 – 100μ.

(Patent US7601319B2)

2.1.2 Proses Pembuatan Monobasic Potassium Phosphate dari Asam Fosfat dan Potassium Klorida

Reaksi yang terjadi antara Potassium Klorida dan Asam Fosfat merupakan reaksi endotermis dengan kondisi operasi reaktor pada temperature sebesar 265°C dengan konversi sebesar 60%. Adapun reaksi yang terjadi yaitu:



Asam Fosfat dengan Potassium Klorida dimasukan kedalam reaktor dengan rasio mol 1:1,4. Produk keluaran reaktor yaitu asam klorida (HCl) dan monobasic kalium fosfat (K_2HPO_4). Hasil keluaran reaktor yang bersifat asam dinetralkan dengan gas ammonia. Selanjutnya, keluaran reaktor dimasukkan ke dalam *Dissolution Tank* untuk didinginkan dan dimasukkan kedalam Crystallizer agar membentuk kristal dan kemudian keluarannya di alirkan menuju evaporator untuk menguapkan H_2O dan KH_2PO_4 , H_3PO_4 , serta KOH sedangkan bahan baku yang tidak bereaksi diumpankan kembali ke reaktor.

(Patent US4885148A)

2.2 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses yang akan digunakan harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor ekonomis yang meliputi biaya bahan baku dan harga produksi serta harga jual produk, dan juga kelayakan teknis yang meliputi suhu operasi, tekanan operasi, energi bebas gibbs pembentukan (ΔG°_f) dan panas pembentukan standar (ΔH°_f).

Energi bebas gibbs (ΔG°) adalah tingkat spontanitas dari suatu reaksi kimia. ΔG° yang bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan. Sedangkan ΔG° yang bernilai negatif (-) menunjukkan reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Maka dari itu, apabila ΔG° dari suatu reaksi semakin kecil atau negatif maka reaksi tersebut akan semakin baik karena reaksi itu berlangsung secara spontan serta membutuhkan sedikit energi juga, begitupun sebaliknya.

Panas pembentukan standar (ΔH°) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia. Jika ΔH° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia tersebut (endoterm). Sedangkan untuk ΔH° yang bernilai negatif (-) menunjukkan reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (eksoterm).

2.2.1 Perhitungan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan beberapa harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2023.

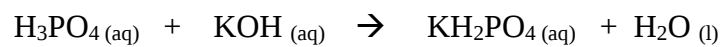
Tabel 2. 1 Harga bahan baku dan produk

Bahan	Harga dalam \$	Harga dalam Rp.
H ₃ PO ₄	0,8 \$/kg	12.384/kg
KOH	0,072 \$/kg	1.115/kg
KCl	0,700 \$/kg	10.836/kg
KH ₂ PO ₄	2,100 \$/kg	32.508/kg
HCl	0,400 \$/kg	6.192/kg

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 15.480 (diakses pada 19 Desember 2023)

1. Proses menggunakan Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida



BM (kg/mol) 98,0 56,1 136,0 18,0

Konversi: 99%

Kapasitas: 30.000 ton *Monobasic Potassium Phosphate* tiap tahun.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi} &= \frac{30.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \\ &= 30.000.000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = \frac{\text{Massa (kapasitas)}}{\text{BM KH}_2\text{PO}_4}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = \frac{30.000.000 \text{ kg}}{136}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = 220.588,235 \text{ kmol}$$

Reaksi yang terjadi untuk memproduksi *Monobasic Potassium Phosphate* (KH₂PO₄) adalah: (konversi 99% terhadap H₃PO₄, Patent US7601319B2)

	H ₃ PO ₄ (l)	+ KOH (l)	→	KH ₂ PO ₄ (s)	+ H ₂ O (l)
M	222.816,399	222.816,399	-	-	-
B	220.588,235	220.588,235	220.588,235	220.588,235	
S	2.228,164	2.228,164	220.588,235	220.588,235	

Asam Fosfat (H₃PO₄)

$$\text{Massa H}_3\text{PO}_4 = 222.816,399 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol}$$

$$= 21.836.007,130 \text{ kg}$$

$$\text{Harga H}_3\text{PO}_4 = 21.836.007,130 \text{ kg} \times 12.384 \text{ /kg}$$

$$= 270.417.985.738$$

$$= \frac{270.417.985.738}{30.000.000}$$

$$= \text{Rp } 9.013,933,- \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned}\text{KOH} &= 222.816,399 \text{ kmol} \times 56,1 \text{ kg/kmol} \\ &= 12.500.000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga KOH} &= 12.500.000 \text{ kg} \times 1.115 \text{ /kg} \\ &= 139.320.450.000 \\ &= \frac{139.320.450.000}{30.000.000} \\ &= \text{Rp } 464,402,- \text{ /kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya Bahan Baku} &= 9.013,933 + 464,402 \\ &= \text{Rp. } 9.478,334,-\end{aligned}$$

Maka, Keuntungan Produksi *Monobasic Potassium Phosphate* yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan Produksi KH}_2\text{PO}_4 &= 32.508,105 - 9.478,334 \\ &= \text{Rp. } 23.029,771,- \text{ /kg}\end{aligned}$$

2. Proses menggunakan Asam Fosfat dan Potassium Klorida



BM (kg/mol)	98,0	74,5	136,0	36,5
-------------	------	------	-------	------

Konversi : 60%

Kapasitas : 30.000 ton *Monobasic Potassium Phosphate* tiap tahun.

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi} &= \frac{30.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \\ &= 30.000.000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = \frac{\text{Massa (kapasitas)}}{\text{BM KH}_2\text{PO}_4}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = \frac{30.000.000 \text{ kg}}{136}$$

$$\text{Mol Monobasic Potassium Phosphate} = 220.588,235 \text{ kmol}$$

Reaksi yang terjadi untuk memproduksi *Monobasic Potassium Phosphate* (KH₂PO₄) adalah:

	H ₃ PO ₄ (l)	+	KCl (l)	→	KH ₂ PO ₄ (s)	+	HCl (l)
M	367.647,059		367.647,059		-		-
B	220.588,235		220.588,235		220.588,235		220.588,235
S	147.058,824		147.058,824		220.588,235		220.588,235

Asam Fosfat (H₃PO₄)

$$\text{Massa H}_3\text{PO}_4 = 367.647,059 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol}$$

$$= 36.029.411,765 \text{ kg}$$

$$\text{Harga H}_3\text{PO}_4 = 36.029.411,765 \text{ kg} \times 12.384/\text{kg}$$

$$= 446.189.676.474$$

$$= \frac{446.189.676.474}{30.000.000}$$

$$= \text{Rp } 14.872,989,- / \text{kg}$$

$$\text{KCl} = 36.029.411,765 \text{ kg} \times 74,5 \text{ kg/kmol}$$

$$= 27.389.705,88 \text{ kg}$$

$$\text{Harga KCl} = 27.389.705,88 \text{ kg} \times 10.836/\text{kg}$$

$$= 296.794.852.916$$

$$= \frac{296.794.852.916}{30.000.000}$$

$$= \text{Rp } 9.893,162,- / \text{kg}$$

$$\text{Total Biaya Bahan Baku} = 14.872,989 + 9.893,162$$

$$= \text{Rp. } 24.766,151,-$$

Maka, Keuntungan Produksi *Monobasic Potassium Phosphate* yaitu:

$$\text{Keuntungan Produksi KH}_2\text{PO}_4 = 32.508,105 - 24.766,151$$

$$= \text{Rp. } 7.741,954,- / \text{kg}$$

2.2.2 Kelayakan Teknis

Kelayakan teknis suatu reaksi dilihat dari energi bebas gibbs (ΔG°_f) dan panas pembentukan standar (ΔH°_f). Nilai ΔG°_f dan ΔH°_f dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

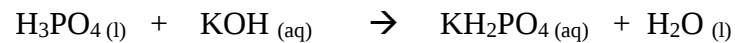
Tabel 2. 2 Data ΔG°_f dan ΔH°_f Setiap Komponen Pada Keadaan Standar (T=298,15⁰K)

Bahan	ΔG°_f (kkal/mol)	ΔH°_f (kkal/mol)
H ₃ PO ₄ (l)	-270,00	-309,32
KCl (l)	-98,76	-100,16

Bahan	ΔG°_f (kkal/mol)	ΔH°_f (kkal/mol)
KOH (l)	-105,00	-114,96
KH ₂ PO ₄ (s)	-326,10	-362,70
H ₂ O (l)	-56,69	-68,32
HCl (l)	-31,33	-39,85

Sumber : Tabel 2-178 dan 2-179 Perry's 8th ed

1. Reaksi menggunakan bahan baku Asam Fosfat dan Potasium Hidroksida



$$\Delta H^\circ_{\text{Reaksi}} = \sum \Delta H^\circ_f \text{produk} - \sum \Delta H^\circ_f \text{reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f\ 298,15\text{K}} &= (\Delta H^\circ_{f\ \text{KH}_2\text{PO}_4} + \Delta H^\circ_{f\ \text{H}_2\text{O}}) - (\Delta H^\circ_{f\ \text{H}_3\text{PO}_4} + \Delta H^\circ_{f\ \text{KOH}}) \\ &= (-362,70 + (-68,32)) - (-309,32 + (-114,96)) \\ &= -6,74 \text{ kkal/mol} \\ &= \mathbf{-28,200 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

Untuk reaksi pada suhu 80°C = 353,15 K, sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ_T = \Delta H^\circ_{T_0} + \int_{T_0}^T \Delta C_p dT \quad (\text{Pers 6.43 Hal 101, Smith, 2005})$$

Untuk nilai ΔC_p didapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= (C_p \text{ KH}_2\text{PO}_4 + C_p \text{ H}_2\text{O}) - (C_p \text{ H}_3\text{PO}_4 + C_p \text{ KOH}) \\ &= (134,6 + 61,1) - (185,4 + 76,6) \\ &= -66,3 \text{ kJ/kmol.K} \\ &= -0,0063 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \Delta H^0_{r\ 353,15K} &= \Delta H^0_{298,15K} + \int_{298,15K}^{353,15K} \Delta C_p dT \\
 \Delta H^0_r &= \Delta H^0_{298,15K} + \Delta C_p (353,15 - 298,15) \\
 &= -28,200 \text{ kJ/mol} + (-0,0663 \text{ kJ/mol} \times 55) \\
 &= -31,846 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan bersifat eksotermis yang ditandai dengan ($\Delta H^0_{r\ 298K}$) yang bernilai negatif.

Sedangkan untuk perhitungan energi bebas Gibbs ΔG^0 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0_{\text{Reaksi}} &= \sum \Delta G^0_f \text{produk} - \sum \Delta G^0_f \text{reaktan} \\
 \Delta G^0_{298K} &= (\Delta G^0_f \text{KH}_2\text{PO}_4 + \Delta G^0_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^0_f \text{H}_3\text{PO}_4 + \Delta G^0_f \text{KOH}) \\
 &= (-326,10 + (-56,69)) - (-270,00 + (-105,00)) \\
 &= -7,79 \text{ kkal/mol} \\
 &= -32,593 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Untuk reaksi pada suhu $80^\circ\text{C} = 353,15 \text{ K}$, sebagai berikut:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0_0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^0_0 - \Delta G^0_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^0_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^0_p}{R} \frac{dT}{T}$$

(Pers 13.18 Hal 461, Smith *et al.*, 2001)

Dimana:

$$\begin{aligned}
 \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^0_p}{R} dT &= (\Delta C^0_p)_H (T - T_0) \\
 \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^0_p}{R} \frac{dT}{T} &= \Delta A \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] (\tau - 1) \\
 \tau &= \frac{T}{T_0} \\
 \Delta A &= \sum_i v_i A_i \\
 \Delta B &= \sum_i v_i B_i \\
 \Delta C &= \sum_i v_i C_i
 \end{aligned}$$

$$\Delta D = \sum_i v_i D_i$$

$$T = 80^\circ\text{C} (353,15\text{K})$$

$$T_o = 25^\circ\text{C} (298,15\text{K})$$

$$R = 8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} = & \\ = & \left((v_{MKP} A_{MKP} + v_{Air} A_{Air}) - (v_{PA} A_{PA} + v_{PH} A_{PH}) \right) \ln \tau + \\ & \left((v_{MKP} B_{MKP} + v_{Air} B_{Air}) - (v_{PA} B_{PA} + v_{PH} B_{PH}) \right) T_o (\tau - 1) + \\ & \left((v_{MKP} C_{MKP} + v_{Air} C_{Air}) - (v_{PA} C_{PA} + v_{PH} C_{PH}) \right) T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) + \\ & \left(\frac{(v_{MKP} D_{MKP} + v_{Air} D_{Air}) - (v_{PA} D_{PA} + v_{PH} D_{PH})}{\tau^2 T_o^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \\ = & \left\{ v_{MKP} \left(A_{MKP} \ln \tau + B_{MKP} T_o (\tau - 1) + C_{MKP} T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) + \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{D_{MKP}}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} + \left\{ v_{Air} \left(A_{Air} \ln \tau + B_{Air} T_o (\tau - 1) + \right. \right. \\ & \left. \left. C_{Air} T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) + \frac{D_{Air}}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} - \left\{ v_{PA} \left(A_{PA} \ln \tau + \right. \right. \\ & \left. \left. B_{PA} T_o (\tau - 1) + C_{PA} T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) + \frac{D_{PA}}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} - \\ & \left\{ v_{AH} \left(A_{AH} \ln \tau + B_{AH} T_o (\tau - 1) + C_{AH} T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) + \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{D_{AH}}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \right\} \end{aligned}$$

Mencari nilai $\int_{T_o}^T \frac{C_p}{R} \frac{dT}{T}$ masing-masing komponen:

$$\begin{aligned} \int_{T_o}^T \frac{C_{p_{MKP}}}{R} \frac{dT}{T} &= 0,134 \times \ln \frac{T}{T_o} \\ &= 0,134 \times \ln \frac{353,15}{298,15} \\ &= 0,022 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{Cp_{Air}}{R} \frac{dT}{T} &= (92,053 \times \ln \tau) + ((-0,039)T_o(\tau - 1)) + \\
&= \left(-2,1103E - 4T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) + \\
&\quad \left(\frac{5,3469E-07}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \\
&= 8,651 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{Cp_{H_3PO_4}}{R} \frac{dT}{T} &= 0,076 \times \ln \frac{T}{T_o} \\
&= 0,076 \times \ln \frac{353,15}{298,15} \\
&= 0,013 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{Cp_{KOH}}{R} \frac{dT}{T} &= (71,429 \times \ln \tau) + ((-0,042)T_o(\tau - 1)) + \\
&= \left(-4,8017E - 5T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) + \\
&\quad \left(\frac{1,7182-08}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \\
&= 12,554 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

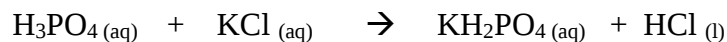
Sehingga:

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} &= (1 \times 0,022) + (1 \times 8,651) - (1 \times 0,013) - \\
&\quad (1 \times 12,554) \\
&= -3,696 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \Delta H^\circ_0 - \frac{T}{T_o} (\Delta H^\circ_0 - \Delta G^\circ_0) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T} \\
\Delta G^\circ &= -28,200 - \frac{353,15}{298,15} (-28,200 - (32,593)) \\
&\quad + (0,006(353,15 - 298,15)) \\
&\quad - (0,008314 \times 353,15 \times (-3,696)) \\
\Delta G^\circ &= -198,810 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai $\Delta G^\circ < 0$ sehingga reaksi dapat berlangsung secara spontan dan membutuhkan energi yang kecil.

2. Reaksi menggunakan bahan baku Asam Fosfat dan Potasium Klorida



$$\Delta H^0_{\text{Reaksi}} = \sum \Delta H^0_f \text{produk} - \sum \Delta H^0_f \text{reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^0_{f\ 298,15K} &= (\Delta H^0_{f\ \text{KH}_2\text{PO}_4} + \Delta H^0_{f\ \text{HCl}}) - (\Delta H^0_{f\ \text{H}_3\text{PO}_4} + \Delta H^0_{f\ \text{KCl}}) \\ &= (-362,70 + (-39,85)) - (-309,32 + (-100,16)) \\ &= \mathbf{6,93\ kkal/mol} \\ &= \mathbf{28,995\ kJ/mol} \end{aligned}$$

Untuk reaksi pada suhu $265^\circ\text{C} = 538,15\ \text{K}$, sebagai berikut:

$$\Delta H^0_T = \Delta H^0_{T_0} + \int_{T_0}^T \Delta C_p dT \quad (\text{Pers 6.43 Hal 101, Smith, 2005})$$

Untuk nilai ΔC_p didapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= (C_p \text{KH}_2\text{PO}_4 + C_p \text{HCl}) - (C_p \text{H}_3\text{PO}_4 + C_p \text{KCl}) \\ &= (134,6 + 63,2) - (185,4 + 78,7) \\ &= -66,3\ \text{kJ/kmol.K} \\ &= -0,0663\ \text{kJ/mol.K} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta H^0_{r\ 353,15K} &= \Delta H^0_{298,15K} + \int_{298,15K}^{538,15K} \Delta C_p dT \\ \Delta H^0_r &= \Delta H^0_{298,15K} + \Delta C_p (538,15 - 298,15) \\ &= 28,995\ \text{kJ/mol} + (-0,0663\ \text{kJ/mol} \times 240) \\ &= \mathbf{13,083\ kJ/mol} \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan bersifat endotermis ditandai dengan (ΔH^0_r) yang bernilai positif.

Sedangkan untuk perhitungan energi bebas Gibbs ΔG^0 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0_{\text{Reaksi}} &= \sum \Delta G^0_f \text{produk} - \sum \Delta G^0_f \text{reaktan} \\
 \Delta G^0_{298\text{K}} &= (\Delta G^0_f \text{KH}_2\text{PO}_4 + \Delta G^0_f \text{HCl}) - (\Delta G^0_f \text{H}_3\text{PO}_4 + \Delta G^0_f \text{KCl}) \\
 &= (-326,10 + (-31,33)) - (-270,00 + (-98,76)) \\
 &= \mathbf{11,33 \text{ kkal/mol}} \\
 &= \mathbf{47,40 \text{ kJ/mol}}
 \end{aligned}$$

Untuk reaksi pada suhu $265^\circ\text{C} = 538,15 \text{ K}$, sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ_0 - \frac{T}{T_0}(\Delta H^\circ_0 - \Delta G^\circ_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T}$$

(Pers 13.18 Hal 461, Smith *et al.*, 2001)

Dimana:

$$\begin{aligned}
 \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT &= (\Delta C^\circ_p)_H (T - T_0) \\
 \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T} &= \Delta A \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] (\tau - 1) \\
 \tau &= \frac{T}{T_0}
 \end{aligned}$$

$$\Delta A = \sum_i v_i A_i$$

$$\Delta B = \sum_i v_i B_i$$

$$\Delta C = \sum_i v_i C_i$$

$$\Delta D = \sum_i v_i D_i$$

$$T = 265^\circ\text{C} (538,15\text{K})$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} (298,15\text{K})$$

$$R = 8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T} &= \\
 &= \left((v_{MKP} A_{MKP} + v_{CA} A_{CA}) - (v_{PA} A_{PA} + v_{PC} A_{PC}) \right) \ln \tau + \\
 &+ \left((v_{MKP} B_{MKP} + v_{CA} B_{Ca}) - (v_{PA} B_{PA} + v_{PC} B_{PC}) \right) T_0 (\tau - 1) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& ((v_{MKP}C_{MKP} + v_{CA}C_{CA}) - (v_{PA}C_{PA} + v_{PC}C_{PC}))T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) + \\
& \frac{((v_{MKP}D_{MKP} + v_{CA}D_{CA}) - (v_{FA}D_{FA} + v_{PC}D_{PC}))}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \Bigg) \\
& = \left\{ v_{MKP} \left(A_{MKP} \ln \tau + B_{MKP} T_0 (\tau - 1) + C_{MKP} T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) + \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{D_{MKP}}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) \right\} + \left\{ v_{HCl} \left(A_{HCl} \ln \tau + B_{HCl} T_0 (\tau - 1) + \right. \right. \\
& \left. \left. C_{HCl} T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) + \frac{D_{HCl}}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) \right\} - \left\{ v_{PA} \left(A_{PA} \ln \tau + \right. \right. \\
& \left. \left. B_{PA} T_0 (\tau - 1) + C_{PA} T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) + \frac{D_{PA}}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) \right\} - \\
& \left\{ v_{PC} \left(A_{PC} \ln \tau + B_{PC} T_0 (\tau - 1) + C_{PC} T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) + \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{D_{AH}}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) \right\}
\end{aligned}$$

Mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{Cp}{R} \frac{dT}{T}$ masing-masing komponen:

$$\begin{aligned}
\int_{T_0}^T \frac{Cp_{MKP}}{R} \frac{dT}{T} &= 0,134 \times \ln \frac{T}{T_0} \\
&= 0,134 \times \ln \frac{538,15}{298,15} \\
&= 0,079 \text{ kJ/mol} \\
\int_{T_0}^T \frac{Cp_{CA}}{R} \frac{dT}{T} &= (73,993 \times \ln \tau) + ((-0,129) T_0 (\tau - 1)) + \\
&= \left(-7,898E - 5 T_0^2 \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) + \\
&\quad \left(\frac{-2,6409E-6}{\tau^2 T_0^2} \left(\frac{\tau+1}{2}\right) (\tau - 1) \right) \\
&= -0,097 \text{ kJ/mol} \\
\int_{T_0}^T \frac{Cp_{H_3PO_4}}{R} \frac{dT}{T} &= 0,076 \times \ln \frac{T}{T_0} \\
&= 0,076 \times \ln \frac{538,15}{298,15} \\
&= 0,045 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{Cp_{KCl}}{R} \frac{dT}{T} &= (188,929 \times \ln \tau) + ((-0,189)T_o(\tau - 1)) + \\
&= \left(8,787E - 5T_o^2 \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) + \\
&\quad \left(\frac{8,911E-09}{\tau^2 T_o^2} \left(\frac{\tau+1}{2} \right) (\tau - 1) \right) \\
&= 73,821 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
\int_{T_o}^T \frac{\Delta Cp}{R} \frac{dT}{T} &= (1 \times 0,022) + (1 \times 8,651) - (1 \times 0,013) - \\
&\quad (1 \times 12,554) \\
&= -70,270 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \Delta H^\circ_0 - \frac{T}{T_o} (\Delta H^\circ_0 - \Delta G^\circ_0) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C^\circ_p}{R} \frac{dT}{T} \\
\Delta G^\circ &= 28,995 - \frac{538,15}{298,15} (-28,995 - (47,40)) \\
&\quad + (0,006(538,15 - 298,15)) \\
&\quad - (0,008314 \times 538,15 \times (-70,270)) \\
\Delta G^\circ &= 126,871 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Nilai $\Delta G^\circ > 0$ sehingga reaksi berlangsung secara tidak spontan dan membutuhkan energi yang besar.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, maka dapat diperoleh perbandingan proses produksi monobasic potassium phosphate yang disajikan dalam tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3 Kriteria pemilihan proses

Kriteria Penilaian	Proses I (KOH)	Proses II (KCl)
1. Tekanan (atm)	1	>1

Kriteria Penilaian	Proses I (KOH)	Proses II (KCl)
2. Suhu (°C)	80	265
3. Konversi (%)	99	60
4. Katalis	Tidak ada	Tidak ada
5. Ekonomi (/kg)	Rp. 23.029,771,-	Rp. 7.741,954,-
6. ΔH_r° (Kkal/mol)	-31,846	13,083
7. ΔG° (Kkal/mol)	-198,810	126,871

Berdasarkan perhitungan ΔH_{Reaksi} dan ΔG_{Reaksi} dari semua proses yang ada maka dipilih proses yang pertama yaitu Pembuatan *Monobasic Potassium Phosphate* dari Asam Fosfat dan Potassium Hidroksida, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Suhu yang digunakan rendah
2. Konversi produk yang tinggi
3. Reaksi berlangsung secara spontan, yang artinya membutuhkan energi yang lebih kecil.
4. Reaksi berlangsung secara eksotermis.
5. Menghasilkan profit yang lebih besar

2.2.3 Konstanta Keseimbangan Reaksi

Produk *Monobasic Potassium Phosphate* yang diproduksi dengan bahan baku berupa asam fosfat dan potassium hidroksida memiliki konstanta

kesetimbangan reaksi yang dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Smith Van Ness, 2005):

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G^0}{RT}$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{-32,593 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$K_{298,15} = 1013,2$$

Dari Smith Van Ness (2005), persamaan (13.15):

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298,15}}\right) = -\frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}}\right)$$

Berdasarkan Leyes dan Othmer (1945) reaksi berjalan pada suhu 80°C (353,15°K), maka besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298,15}}\right) = -\frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1013,2}\right) = -\frac{-28,20 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \times \left(\frac{1}{353,15} - \frac{1}{298,15}\right) K$$

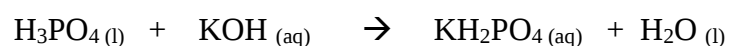
$$K = 1,01 \times 10^3$$

Nilai K tersebut dapat dikatakan tergolong ke dalam harga $K \gg 1$ sehingga sangat besar dan disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara *irreversible* yaitu searah, ke arah produk.

2.3 Deskripsi Proses

Proses pembuatan *Monobasic Potassium Phosphate* dilakukan dengan mencampurkan antara Asam Fosfat dengan Potassium Hidroksida, dimana Potassium Hidroksida padat yang ditampung oleh Solid Storage (SS-101) dimasukkan ke dalam Dissolution Tank (DT-101) untuk diencerkan hingga konsentrasi 48% dan dipanaskan menggunakan coil hingga suhu 80°C. Sementara itu Asam Fosfat yang memiliki konsentrasi 85% dari Storage Tank (ST-101) juga diumpankan menggunakan pompa (PP-101) kedalam Heater (HE-101) untuk dipanaskan hingga suhu 80°C. Kemudian kedua larutan tersebut dimasukkan kedalam Reaktor (RE-201).

Reaksi antara Potassium Hidroksida dan Asam Fosfat merupakan reaksi eksotermis, kondisi operasi pada reaktor tersebut memiliki temperatur sebesar 80 °C dengan tekanan 1 atm dan konversi 99%, reaksi yang terjadi pada reaktor tersebut:



Produk keluaran reaktor yang berupa KH_2PO_4 dan H_2O serta bahan baku KOH dan H_3PO_4 yang tidak bereaksi akan mengalir melalui bagian bawah reaktor, yang selanjutnya akan masuk ke *Cooling Tank*.

Produk yang keluar dari reaktor (RE-201) diumpankan menggunakan pompa (PP-201) ke *Cooling Tank* untuk didinginkan hingga temperature 50°C agar *Monobasic Potassium Phosphate* membentuk kristal-kristal padatan. Kemudian feed diumpankan kedalam Spray dryer (SD-301) menggunakan

pompa (PP-301), Spray Dryer yang berfungsi untuk menguapkan dan mengeringkan larutan/slurry sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Dimana proses yang terjadi didalam spray dryer tersebut ialah umpan yang berasal dari *cooling tank* diumpankan menggunakan pompa (PP-301) kedalam Drying Chamber melalui Spray Disk Atomizer yang dipasang diatas alat. Umpan tersebut dikabutkan menjadi butir-butir halus, yang kemudian dilemparkan secara radial kedalam arus udara panas yang masuk melalui puncak Drying Chamber, sehingga umpan tadi akan mengering, dimana udara panas yang digunakan tersebut ditarik menggunakan blower (BL-301), lalu udara tersebut dialirkan kedalam *heater* untuk dinaikkan temperaturnya menjadi 300 °C.

Sebagian besar zat padat kering mengendap keluar dari gas ke dasar kamar pengering (Drying Chamber), dan dikeluarkan dari ruangan tersebut dengan bantuan katup putar dan konveyor sekrup. Udara yang telah mendingin disedot dengan kipas pembuangan (FN-301) melalui saluran pembuangan horizontal, udara tersebut dilewatkan melalui *Cyclone Separator* (CS-301) dimana partikel-partikel yang terbawa ikut didalam udara lalu dipisahkan. Zat padat kering yang keluar dari Drying Chamber digabungkan dengan partikel-partikel yang keluar dari Cyclone Separator dan udara yang berasal dari bagian atas *Cyclone Separator* (CS-301) dilepaskan ke lingkungan. Setelah itu zat padat tersebut dialirkan menggunakan Screw Conveying (SC-301)

menuju ke *Solid Storage* (SS-401) dengan menggunakan *Bucket Elevator* (BE-401).

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1 Bahan Baku

3.1.1 Asam Fosfat

Rumus Kimia	: H_3PO_4
Nama Lain	: Phosphoric Acid
Warna	: Coklat
Berat Molekul	: 98.0 g/mol
Bentuk	: Cair
Kemurnian	: 85%
Densitas	: 1,885 gr/ml
Titik Didih	: 158°C
Titik Lebur	: 21°C

(SMART-LAB Indonesia)

3.1.2 Potassium Hidroksida

Rumus Kimia	: KOH
Nama Lain	: Caustic Potash
Warna	: Putih
Berat Molekul	: 56,11 g/mol
Bentuk	: Padat
Kemurnian	: 90%

Densitas : 2,12 gr/ml

Titik Didih : 1320°C

Titik Lebur : 406°C

(Itokindo)

3.2 Bahan Produk

3.2.1 Monobasic Potassium Phosphate

Rumus Kimia : KH_2PO_4

Nama Lain : Potassium Dihydrogen Phosphate

Warna : Putih

Berat Molekul : 136,086 g/mol

Bentuk : Padat

Kemurnian : 99%

Densitas : 2,338 gr/ml

Titik Didih : 400°C

Titik Lebur : 252,6°C

(americanelements.com)

3.2.2 Air

Rumus Kimia : H_2O

Berat Molekul : 18,015 g/mol

Bentuk : Cair

Densitas : 1 gr/ml

Titik Didih : 100°C

Titik Lebur : 0°C

(SMART-LAB Indonesia)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* dari Asam Fosfat dan Potassium Phosphate dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 35% dan setelah pajak yaitu 30%.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 1,95 tahun setelah pajak.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41%, dimana rentang BEP standar antara 31 – 60%. Nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti memproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 58,02%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Pabrik *Monobasic Potassium Phosphate* dari Asam Fosfat dan Potassium Phosphate dengan kapasitas 30.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut, baik dari segi proses maupun dari segi ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2013, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia
- Brown.G.George. 1950, *Unit Operation* 6^{ed}, Wiley&Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design* 3^{ed}, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Fogler.A.H.Scott, 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Geankoplis.Christie.J., 1993, *Transport Processes and unit Operation* 3^{th ed}, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau.David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Kern.D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Levenspiel.O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook* 7^{th ed}, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering* 3^{ed}, McGraww-Hill Book Company, New York.

- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.
- Treyball.R.E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulmann, 2007. "*Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*". VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.
- Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- US.Patent.7,601,319 (*Process for the mancufature of Monobasic Potassium Phosphate*)
- US.Patent.4,885,148 (*Production of Monobasic Potassium Phosphate with low chloride*)

LAMPIRAN