

**PRARANCANGAN PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI DINATRIUM
FOSFAT DAN NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 38.000
TON/TAHUN**

**Tugas Khusus
(Perancangan *Crystallizer* (CR-301))**

**Oleh
MUCHAMAD FIDA KAMIL
1715041007**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

DESIGN OF TRINATRIUM PHOSPHATE FACTORY FROM DYNATRIUM PHOSPHATE WITH SODIUM HYDROXIDE CAPACITY 38.000 TON/YEAR Crystallizer Design Special Task - 301 (CR-301)

By
MUCHAMAD FIDA KAMIL

Trinatirum Phosphate is a chemical industry product that is used as an inorganic chemical in the detergent and soap manufacturing industry. Trisodium Phosphate can be produced in several processes, namely 1) process with phosphoric acid, sodium carbonate and sodium hydroxide, 2) process with phosphoric acid, sodium chloride and sodium hydroxide, and 3) disodium phosphate and disodium phosphate as raw materials. Sodium hydroxide. Provision of factory utility needs in the form of water treatment and supply systems, steam supply systems, refrigeration systems, compressed air supply systems, and power generation systems.

The factory's production capacity is planned to be 38,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in the Cikande industrial area, Serang Regency, Banten. The required workforce is 147 people with the form of a Limited Liability Company (PT) business entity led by a Main Director who is assisted by the Director of Production and the Director of Finance with a line and staff organizational structure..

From the economic analysis obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 422.140.145.199
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 74.495.319.741
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 496.635.464.939
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 30,88%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 14,11%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,43 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 1,72 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 51,08%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 40,86%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 48,25%

Considering the above summary, it is appropriate that the establishment of this Trisodium Phosphate plant should be studied further, because it is a profitable factory and has good prospects.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI DINATRIUM FOSFAT DAN NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

Tugas Khusus Perancangan *Crystallizer*- 301 (CR-301)

**Oleh
MUCHAMAD FIDA KAMIL**

Trinatrium Fosfat merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai salah satu bahan kimia anorganik dalam industri pembuatan detergen dan sabun. Trinatrium Fosfat dapat di produksi dengan beberapa proses yaitu 1) proses dengan bahan baku Asam Fosfat, Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida, 2) Proses dengan bahan baku Asam Fosfat, Natrium Klorida, dan Natrium Hidroksida, dan 3) Proses dengan bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, sistem refrigerasi, sistem penyediaan udara tekan, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 38.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di kawasan industri Cikande Kabupaten Serang, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 147 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 422.140.145.199
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 74.495.319.741
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 496.635.464.939
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 30,88%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 14,11%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,43 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 1,72 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 51,08%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 40,86%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 48,25%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Trinatrium Fosfat ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

**PRARANCANGAN PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI DINATRIUM
FOSFAT DAN NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 38.000
TON/TAHUN**

**Tugas Khusus
(Perancangan *Crystallizer* (CR-301))**

**Oleh
MUCHAMAD FIDA KAMIL
(1715041007)**

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
2023**

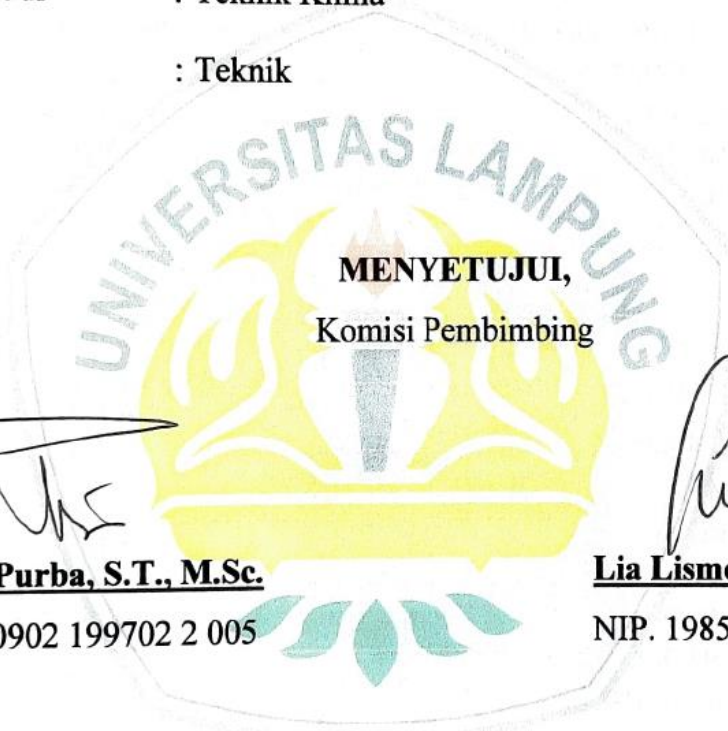
Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK TRINATRIUM FOSFAT
DARI DINATRIUM FOSFAT DAN NATRIUM
HIDROKSIDA KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN (Tugas
Khusus Perancangan *Crystallizer* 301 (CR-301)**

Nama Mahasiswa : **Muchamad Fida Kamil**

No. Pokok Mahasiswa : 1715041007

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.

NIP. 19680902 199702 2 005

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

NIP. 19850312 200812 2 004

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua : **Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

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

Penguji

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

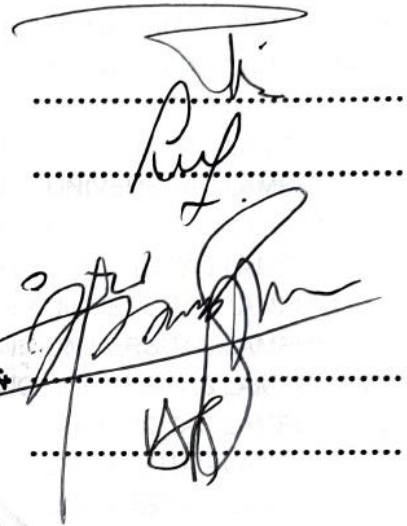
Yuli Darni, S.T., M.T.

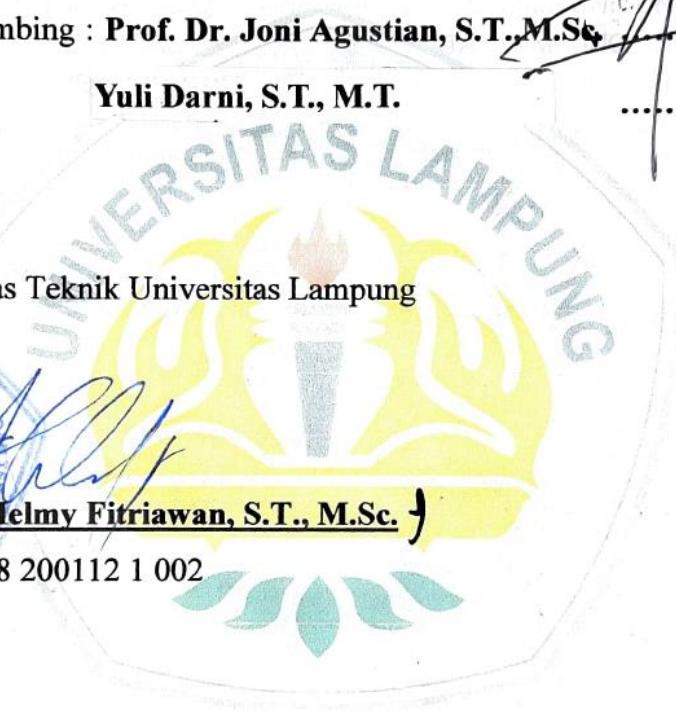
Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

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

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Mei 2023**





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.

Bandarlampung, 21 Juli 2023




Hamad Fida Kamil

NPM. 1715041007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Malingping, Lebak pada tanggal 1 Agustus 1999, sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Misdar dan Ibu Yatimah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Malingping Utara pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Malingping pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Malingping pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tahun 2017.

Pada tahun 2020, penulis melakukan Kerja Praktek di Pabrik Semen P.T. Cemindo Gemilang Tbk., Lebak dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Grate Cooler*”. Selain itu, pada tahun 2022, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh *Drying Rate* terhadap *Yield* Minyak Atsiri Daun Kayu Putih (*Melaleuca leucadendra* L.) dengan Metode *Hydro-Steam Distillation*”.

Penulis termasuk mahasiswa yang aktif dalam kegiatan non akademik yang terlibat dalam beberapa organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2017/2018 penulis magang pada Departemen Media Informasi HIMATEMIA FT UNILA. Pada periode berikutnya yaitu 2018/2019 penulis menjadi Staff Departemen Media Informasi HIMATEMIA FT UNILA. Pada periode berikutnya yaitu 2019/2020 penulis menjadi Kepala Departemen Media Informasi HIMATEMIA FT UNILA.

MOTTO

*“Hasil Baik Tidak Diperoleh dengan Cara Instan. Maka,
Pelan-Pelan. Tenang. Jangan Khawatir. Jangan Terburu-
buru. Percayalah pada Proses. Hasil Bukan Kita yang
Mengendalikan”*

~M. Fida Kamil~

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Trinatrium Fosfat dari Natrium Hidroksida dan Dinatrium Hidroksida dengan Kapasitas 38.000 ton/tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

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

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

1. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku Dosen yang atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
2. Lia Lismeri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
3. Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat.
4. Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik, semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.

5. Taharuddin, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Akademik dan sebagai orang tua pengganti yang telah berjasa dan membuka wawasan ilmu keteknikkimaan penulis.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
7. Keluargaku tercinta, Bapak dan Mamah, atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Kakak-kakakku atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan semangat. Terkhusus Alm. A Septa semoga Yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan tempat yang terbaik di sisi-Nya dan dibuatkan alam kuburnya seperti taman-taman indah bak surga.
8. Partner TA terbaik Ferina Safitri atas kerjasama, semangat, dan letihnya. Semoga kita tetap menjadi “partner” selamanya
9. Teman-teman seperjuangan 2017 di Teknik Kimia yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini. Dan terkhusus Mabeshood17 yang menjadi tempat keluh kesah dan selalu menghibur penulis dalam susah dan senang.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini dapat berguna.

Bandar Lampung, Juli 2023
Penulis,

Muchamad Fida Kamil

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
COVER DALAM	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
SANWANCANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Kegunaan Produk	2
C. Ketersediaan Bahan Baku	3
D. Analisis Pasar	3
E. Kebutuhan Pasar	4
F. Kapasitas Pabrik	5
G. Lokasi Pabrik	7
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES	
A. Macam-macam Proses Pembuatan Trinatrium Fosfat	10
B. Perbandingan Proses	13
C. Pemilihan Proses	22

D. Deskripsi Proses	24
E. Uraian Proses Trinatirum Fosfat	27

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

A. Spesifikasi Bahan Baku	31
B. Spesifikasi Produk Utama	32

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

A. Neraca Massa	33
B. Neraca Panas	37

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

A. Peralatan Proses	42
B. Peralatan Utilitas	66

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. Unit Pendukung Proses	91
1. Unit Penyediaan Air	91
2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	102
3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik	102
4. Unit Refrigerasi	103
5. Sistem Penyediaan Bahan Bakar	106
6. Unit Penyediaan Udara Instrumen	106
B. Pengolahan Limbah	107
C. Laboratorium	107
D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	110

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

A. Lokasi Pabrik	113
1. Bahan Baku	114
2. Pemasaran Produk	114
3. Sarana Transportasi	115

4. Utilitas	115
5. Tenaga Kerja	115
6. Kondisi Masyarakat dan Keamanan Sekitar Lokasi	116
7. Iklim dan Tanah	116
8. Ketersediaan Lahan	116
B. Estimasi Areal Pabrik	117
C. Tata Letak Pabrik	118
1. Area Proses	119
2. Area Penyimpanan	119
3. Area Laboratorium	119
4. Area Utilitas	119
5. Area Pemeliharaan dan Bengkel	119
6. Area Perkantoran	120
7. Area Fasilitas Umum	120
8. Area Pengembangan	120
9. Pos Keamanan	120
D. Tata Letak Peralatan Proses	121

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

A. Bentuk Perusahaan	124
1. Perusahaan Perseorangan	125
2. Perusahaan Komanditer	125
3. Perseroan Terbatas (PT)	125
4. Perusahaan Firma	126
B. Struktur Organisasi Perusahaan	127
C. Tugas dan Wewenang	131
1. Pemegang Saham	131
2. <i>Board of Commissioners</i>	131
3. <i>Presiden Director</i>	132
D. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	134
1. Status Karyawan	134
2. Penggolongan Gaji	135

E. Pembagian Jam Kerja Karyawan	135
1. Karyawan <i>Reguler</i>	135
2. Karyawan <i>Shift</i>	136
F. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karywan	137
1. Perincian Jumlah Karyawan.....	137
2. Penggolongan Jabatan	139
G. Kesejahteraan Karyawan	140
H. Manajemen Produksi	145

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

A. Investasi	149
1. <i>Fixed Capital Investment</i>	150
2. <i>Working Capital Investment</i> (Modal Kerja)	151
3. <i>Total Production Cost</i> (TPC)	151
B. Evaluasi Ekonomi	156
1. <i>Return On Investment</i> (ROI)	156
2. <i>Pay Out Time</i> (POT)	157
3. <i>Break Evan Point</i> (BEP)	158
4. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	158
C. Angsuran Pinjaman	159
D. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	159

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	162
B. Saran	163

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (NERACA MASSA)

LAMPIRAN B (NERACA PANAS)

LAMPIRAN C (SPESIFIKASI ALAT)

LAMPIRAN D (INVESTASI EKONOMI)

LAMPIRAN F (TUGAS KHUSUS)

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Grafik Impor Trinatrium Fosfat pada Tahun 2015-2021.....	6
2.1. Diagram Alir Proses	30
6.1. Diagram Alir Unit Sistem Refrigerasi	103
6.2. Diagram Skema Siklus Refrigerasi.....	104
7.1. Lokasi Didirikan Pabrik.....	117
7.2. Tata Letak Pabrik.....	121
7.3. Tata Letak Alat Proses.....	122
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	130
9.1. Grafik Analisa Ekonomi	159
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	160

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Harga Bahan Baku dan Produk.....	3
1.2. Data Kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia	4
1.3. Industri Detergen dan Sabun di Indonesia.....	4
1.4. Kebutuhan Trinatrium Fosfat pada Beberapa Negara di Dunia	5
2.1. Perbandingan Proses	23
2.2. Data Entalpi Pembentukan Standar Masing-masing Senyawa.....	24
2.3. Data Energi Bebas Gibbs Standar tiap Komponen.....	25
4.1. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	33
4.2. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-102)	33
4.3. Neraca Massa Reaktor (RE-201)	34
4.4. Neraca Massa <i>Evaporator</i> (EV-301/302).....	34
4.5. Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	35
4.6. Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	35
4.7. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	36
4.8. Neraca Massa <i>Crusher</i> (RC-301)	36
4.9. Neraca Massa <i>Screener</i> (VS-301)	37
4.10. Neraca Panas <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	37
4.11. Neraca Panas <i>Mixing Tank</i> (MT-102).....	38
4.12. Neraca Panas <i>Heater I</i> (HE-101).....	38

4.13. Neraca Panas <i>Heater</i> II (HE-102).....	38
4.14. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	39
4.15. Neraca Panas <i>Evaporator</i> 1(EV-301).....	39
4.16. Neraca Panas <i>Evaporator</i> 2(EV-302).....	39
4.17. Neraca Panas <i>Barometric Condensor</i> (CN-301).....	40
4.18. Neraca Panas <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	40
4.19. Neraca Panas <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	40
4.20. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	41
4.21. Neraca Panas <i>Heater</i> Udara (He-301).....	41
5.1. Spesifikasi Gudang Na ₂ HPO ₄ (G-101A).....	42
5.2. Spesifikasi <i>Bag Unloader</i> Na ₂ HPO ₄ (BU-101A).....	42
5.3. Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> Na ₂ HPO ₄ (BC-101A).....	43
5.4. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> Na ₂ HPO ₄ (BE-101A).....	43
5.5. Spesifikasi Silo Na ₂ HPO ₄ (S-101A).....	44
5.6. Spesifikasi <i>Weight Feeder</i> (WF-101A).....	44
5.7. Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-102A).....	45
5.8. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102A).....	45
5.9. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101A).....	46
5.10. Spesifikasi Pompa I (PP-101A).....	46
5.11. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101A).....	47
5.12. Spesifikasi Gudang NaOH (G-101B).....	47
5.13. Spesifikasi <i>Bag Unloader</i> NaOH (BU-101B).....	48
5.14. Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BE-101B).....	48
5.15. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (HE-101).....	49
5.16. Spesifikasi Silo NaOH (S-101B).....	49
5.17. Spesifikasi <i>Weight Feeder</i> (WF-101B).....	50
5.18. Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-102B).....	50
5.19. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-102B).....	51
5.20. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101B).....	51
5.21. Spesifikasi Pompa II (PP-101B).....	52
5.22. Spesifikasi <i>Heater</i> (PP-101B).....	53
5.23. Spesifikasi Pompa III (PP-201).....	53

5.24. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	54
5.25. Spesifikasi Pompa IV (PP-301).....	55
5.26. Spesifikasi Evaporator Efek I (EV-301).....	55
5.27. Spesifikasi Evaporator Efek II (EV-302).....	56
5.28. Spesifikasi <i>Barometric Condensor</i> (CN-301).....	57
5.29. Spesifikasi Pompa V (PP-302).....	58
5.30. Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	58
5.31. Spesifikasi Pompa VI (PP-303).....	59
5.32. Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	60
5.33. Spesifikasi Pompa VII (PP-304).....	60
5.34. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	61
5.35. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	61
5.36. Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	62
5.37. Spesifikasi <i>Heater</i> Udara (H-301).....	62
5.38. Spesifikasi <i>Fan</i> (FN-301).....	63
5.39. Spesifikasi <i>Double Roller Crusher</i> (RC-301).....	63
5.40. Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> (VS-301).....	63
5.41. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-302).....	64
5.42. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (C-301).....	64
5.43. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	65
5.44. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-303).....	65
5.45. Spesifikasi <i>Gudang Na₃PO₄</i> (CE-401).....	66
5.46. Spesifikasi <i>Bar Screener</i> (BS-401).....	66
5.47. Spesifikasi <i>Bak Koagulasi</i> (BK-401).....	67
5.48. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-401).....	67
5.49. Spesifikasi Tangki Alum (ST-402).....	68
5.50. Spesifikasi Tangki Soda Kustik (ST-403).....	69
5.51. Spesifikasi Clarifier (CL-401).....	69
5.52. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	70
5.53. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404).....	70
5.54. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	71
5.55. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405).....	72

5.56. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	72
5.57. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	73
5.58. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	73
5.59. Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-408).....	74
5.60. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409).....	75
5.61. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-401)	75
5.62. Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401)	76
5.63. Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410).....	77
5.64. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-401).....	77
5.65. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	78
5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	78
5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	79
5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	79
5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	80
5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	80
5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	81
5.72. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	81
5.73. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	82
5.74. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	83
5.75. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	83
5.76. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	84
5.77. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	84
5.78. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	85
5.79. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	85
5.80. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	86
5.81. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	86
5.82. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	87
5.83. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	87
5.84. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	88
5.85. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	88
5.86. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-401)	89
5.87. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601)	89

5.88. Spesifikasi <i>Blower</i> (BU-401).....	90
5.89. Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	90
6.1. Kebutuhan Air Umum	92
6.2. Kebutuhan Air Pembangkit Steam	93
6.3. Kebutuhan Air Pendingin	95
6.4. Kebutuhan Air Proses	95
6.5. Kebutuhan Air Hydrant	96
6.6. Kebutuhan Air Total	96
6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	111
6.8. Pengendalian Variabel Utama Proses	112
7.1. Perincian luas area Pabrik Trinatirum Fosfat	117
8.1. Jadwal Kerja Masing-masing Regu	137
8.2. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	138
8.3. Penggolongan Tenaga Kerja.....	139
9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	150
9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	152
9.3. <i>General Expenses</i>	153
9.4. Biaya Administrasi	155
9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	156
9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	157
9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	160

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai negara berkembang dengan jumlah penduduk yang sangat besar dan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat mengakibatkan kebutuhan masyarakat terus bertambah, sehingga perlu meningkatkan pembangunan di segala bidang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satu upaya pemerintah ialah mempersiapkan sektor industri yang juga mampu bersaing dengan negara lain dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki Indonesia. Diharapkan dengan adanya pembangunan di bidang industri ini, Indonesia dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, meningkatkan ekspor luar negeri, memperluas lapangan kerja dan mengatasi masalah perekonomian nasional.

Salah satu bahan kimia anorganik yang digunakan dalam industri pembuatan deterjen dan sabun adalah Trinatrium Fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Setiap tahun kebutuhan deterjen dan sabun di Indonesia mengalami peningkatan. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya jumlah penduduk setiap tahunnya. Oleh karena itu,

cukup tepat untuk mendirikan pabrik Trinatrium Fosfat di Indonesia. Berdasarkan uraian diatas, perlu didirikannya pabrik Trinatrium Fosfat di Indonesia agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri, selain itu dapat memberikan beberapa pengaruh positif, salah satunya membuka lapangan kerja baru untuk mengurangi tingkat pengangguran.

1.2 Kegunaan Produk

Trinatrium fosfat dapat digunakan dalam industri diantaranya :

1. Sebagai *Antiseptic cleaner* yang baik dalam industri pengolahan pangan.
2. Sebagai bahan baku utama (*builder*) detergen yang berfungsi untuk menurunkan kesadahan air sehingga dapat meningkatkan daya bersih detergen.
3. Sebagai pembersih barang pecah belah dan campuran pembersih tangan dan wajah.
4. Sebagai bahan pencelupan tekstil.
5. Sebagai pencegah terjadinya korosi logam
6. Sebagai Reagen dalam pengolahan air umpan *boiler*, yang digunakan sebagai sumber alkalinity untuk mencegah korosi dan terbentuknya kerak.
7. Kristal Trinatrium fosfat dodecahydrate dijual sebagai bahan pembersih dan penghilang cat.

(Kirk dan Othmer, 1982).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan Trinatrium Fosfat ini adalah Natrium Hidroksida dan Dinatrium Fosfat. Berikut ini adalah perusahaan-perusahaan yang menghasilkan bahan baku yang diperlukan dalam pembuatan Trinatrium Fosfat

- Natrium Hidroksida (NaOH) didapat dari PT. Sulfondo Adiusaha, Serang-Banten
- Dinatrium Fosfat (Na_2HPO_4) didapat dari PT. Darnait Esa Artha, Tangerang Selatan-Banten

1.4 Analisa Pasar

1.4.1 Harga Bahan Baku dan Produk

Berikut ini adalah harga bahan baku dan harga Trinatrium Fosfat pada tahun terakhir.

Tabel 1. 1 Harga Bahan Baku dan Produk

No	Bahan	Harga (US \$/kg)	Harga (Rp/kg)
1	Dinatrium fosfat	0,5	7.632,80
2	Natrium hidroksida	0,48	7.327,49
3	Trinatrium Fosfat	1,15	17.555,44

Sumber : Alibaba.com

*Kurs 1 USD \$ = Rp 15.265,6

1.4.2 Kebutuhan Pasar

Kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya kebutuhan detergen dan sabun setiap tahunnya.

Berikut adalah data kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia pada beberapa tahun terakhir.

Tabel 1. 2 Data Kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2016	22.468,43
2017	23.165,29
2018	23.530,51
2019	24.020,35
2020	24.565,50
2021	25.070,1

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2016 - 2021

Berikut merupakan data pabrik detergen di Indonesia yang dapat dijadikan target pasar dari pabrik Trinatrium Fosfat yang akan dibangun :

Tabel 1. 3 Industri Detergen dan Sabun di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton)
PT. Unilever Indonesia	Cikarang dan Surabaya	15.000
PT. Colgate Palmolive	Jakarta	8.000
PT. Catur Wangsa Indah	Tasikmalaya	8.000
PT. Wings Surya	Surabaya	10.000
PT. Johnson & Son Indo	Jakarta	8.500
PT. Green Oasis Indonesia	Bekasi	7.500

Sumber : Kementerian Perindustrian, 2021

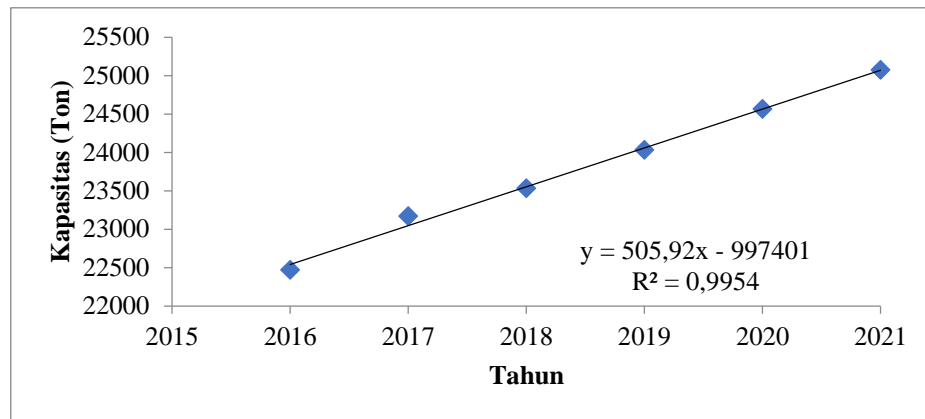
Tabel 1. 4 Kebutuhan Trinatrium Fosfat pada Beberapa Negara di Dunia

Tahun	Negara	Jumlah Kebutuhan Trinatrium Fosfat rata-rata (Ton/Tahun)
2020	China	35.592,85
	Australia	12.803,88
	Malaysia	6.468,93
	Yemen	5.480,83
	Algeria	2.905,18
	Thailand	6060,07
	Canda	3401,793
	Vietnam	3015,567
	Filipina	1366,727
	Belgia	778,81
Jumlah total kebutuhan Trinatrium Fosfat di dunia per tahun		77.095,82 Ton

Sumber : <http://data.un.org/>

1.5 Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik pembuatan Trinatrium Fosfat ditentukan berdasarkan banyaknya kebutuhan Trinatrium Fosfat dalam negeri. Berdasarkan data impor Trinatrium Fosfat di Indonesia sebagai berikut :



Gambar 1. 1 Grafik Impor Trinatrium Fosfat pada Tahun 2015 – 2021

Dengan menggunakan persamaan linear seperti gambar 1.1 maka diperkirakan kebutuhan Trinatrium Fosfat Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Trinatrium Fosfat (y)} &= 505,92x - 997401 \\ &= 28.098,84 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan persamaan yang di atas didapatkan prediksi kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia sebesar 28.098,84 Ton/Tahun, sedangkan Indonesia belum memiliki pabrik Trinatrium Fosfat, maka dengan kata lain kebutuhan Trinatrium Fosfat di Indonesia yang belum dapat terpenuhi adalah sebesar 28.098,84 Ton/Tahun. Selain di Indonesia, Trinatrium Fosfat juga dibutuhkan di beberapa negara lain sebesar 77.095,82 Ton/Tahun. Oleh karena itu, pabrik Trinatrium Fosfat ini juga diharapkan dapat membantu perekonomian Indonesia dengan mengekspor produk tersebut ke beberapa negara di luar negeri. Maka, kapasitas produksi Pabrik Trinatrium Fosfat yaitu sebesar

38.000 Ton/Tahun atau sekitar 80% dari kebutuhan di Indonesia dan 20% untuk diekspor ke luar negeri karena beberapa pertimbangan yaitu:

1. Pendirian pabrik ini dapat mengurangi ketergantungan impor Trinatrium Fosfat di Indonesia.
2. Dari aspek bahan baku, kebutuhan natrium hidroksida sudah dapat terpenuhi untuk mencapai nilai kapasitas tersebut.
3. Tidak mungkin memonopoli pasar, yang nantinya akan menggugurkan produsen lain.
4. Diprediksi semakin banyaknya persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2027.

1.5 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kegiatan industri. Oleh karena itu, pemilihan dan penentuan lokasi pabrik harus mempertimbangkan biaya produksi dan biaya distribusi yang minimum, sehingga akan memperoleh profit yang maksimal. Lokasi pabrik Trinatrium Fosfat ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cikande, Kecamatan Cikande yang terletak di Kabupaten Serang, Banten. Penetapan lokasi ini berdasarkan faktor sebagai berikut.

1. Ketersediaan bahan baku

Sumber bahan baku merupakan faktor yang sangat penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik, sebab lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan mengurangi biaya transportasi maupun penyimpanan. Bahan baku utama dalam pembuatan Trinatrium Fosfat ini Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida. Lokasi ini sangat tepat karena dekat dengan PT. Sulfindo Adiusaha yang menghasilkan Natrium Hidroksida dengan kapasitas produksi sekitar 215.000 ton/tahun.

2. Pemasaran produk

Seperti sudah dijelaskan sebelumnya bahwa Trinatrium Fosfat digunakan sebagai *cleaning compound*, *paint remover*, dan *water softener*. Di Indonesia terutama Pulau Jawa banyak industri yang menggunakan zat tersebut seperti industri pembuatan detergen, industri cat, dan juga untuk pengolahan air umpan boiler. Lokasi pabrik ini juga sangat strategis untuk pemasaran karena dekat dengan pemasaran dan akses transportasi yang baik dengan adanya jalan tol.

3. Ketersediaan Utilitas

Ketersediaan utilitas berupa air dan listrik adalah faktor penunjang yang paling penting. Kebutuhan air sebagai proses produksi dan keperluan rumah tangga dapat dipenuhi dengan lokasi pabrik dekat dengan Sungai Ciujung. Sedangkan kebutuhan tenaga listrik diperoleh dari PT. PLN (Persero) Rayon Cikande dan sebagai cadangan tenaga listrik dipersiapkan generator diesel.

4. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga yang terampil dan terdidik dapat dipenuhi karena banyak sekolah-sekolah kejuruan yang mendidik tenaga – tenaga terampil yang siap bekerja.

5. Faktor – faktor lain

Daerah karawang adalah kawasan industri sehingga hal-hal yang sangat dibutuhkan bagi kelangsungan proses produksi suatu pabrik telah tersedia dengan baik, seperti energi dan keamanan, lingkungan, serta faktor sosial.

BAB II

PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam – Macam Proses Pembuatan Trinatrium Fosfat

Proses pembuatan Trinatrium Fosfat dapat dilakukan dengan 3 proses sebagai berikut:

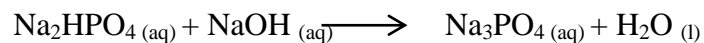
1. Menggunakan bahan baku Asam Fosfat, Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida

Reaksi pembuatan Trinatrium Fosfat menggunakan bahan baku Asam Fosfat, Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida dapat berlangsung dengan 2 tahap, yaitu :

1. Tahap Pembuatan Dinatrium Fosfat



2. Tahap Pembentukan Trinatrium Fosfat

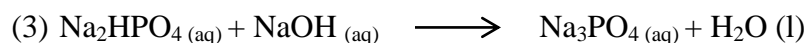
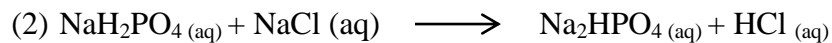
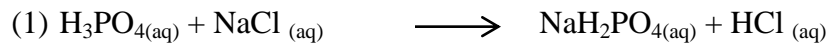


Pada proses ini, untuk tahap awal dilakukan netralisasi asam Fosfat dan Natrium Karbonat agar diperoleh konsentrasi yang sesuai. Proses selanjutnya yaitu pembentukan Dinatrium Fosfat dari Natrium Karbonat dan Asam Fosfat pada temperatur 80-100°C dan tekanan 1 atm, dengan konversi reaksi sebesar

95,6%. Selanjutnya Dinatrium Fosfat bereaksi dengan Natrium Hidroksida membentuk Trinatrium Fosfat pada temperatur 90°C dan tekanan 1 atm dengan konversi reaksi 99,4%. Kemudian dilanjutkan dengan proses kristalisasi dan pengeringan Trinatrium Fosfat. Proses kristalisasi dilakukan dengan pendinginan sampai suhu 55°C sehingga terbentuk kristal putih Trinatrium Fosfat yang berbentuk kristal triagonal (Faith Keyes, 1975).

2. Menggunakan bahan baku Asam Fosfat, Natrium Klorida, dan Natrium Hidroksida

Reaksi yang terjadi terdiri dari 3 tahap, yaitu pembentukan Mononatrium Fosfat dari Asam Fosfat dan Natrium Klorida (1), kemudian dilanjutkan dengan pembentukan Dinatrium Fosfat dari Natrium Dihidrogen Fosfat dan Natrium Klorida (2), terakhir untuk menghasilkan Trinatrium Fosfat, Dinatrium Fosfat direaksikan dengan Natrium Hidroksida (3) :



Untuk berlangsungnya reaksi (1) dan (2) diperlukan solven organik yaitu *primary amine* N1923 sebagai *extractant* untuk menghilangkan HCl dari larutan produk (Zhou dkk, 1989).

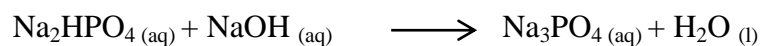
Konversi reaksi (1) sebesar 98% dapat tercapai ketika konsentrasi awal H_3PO_4 sebesar 2,35 M; rasio $\text{NaCl} : \text{H}_3\text{PO}_4 = 1,7$; dan rasio *extractant* : H_3PO_4 antara 0,5 – 1,0. Konversi reaksi (2) dapat tercapai lebih dari 98% dengan

konsentrasi mula-mula NaH_2PO_4 2,5 M dan rasio *extractant* : NaH_2PO_4 antara 1,4 – 1,5.

Bahan baku dan solven organik berkontak di dalam reaktor pada temperatur 40°C . Solven organik yang terikat dengan HCl dari reaktor 1 dan 2 diregenerasi dengan cara *stripping* menggunakan gas *ammonium hydroxide* (NH_3) untuk menghasilkan *ammonium chloride* (NH_4Cl) sebagai produk samping. Sedangkan reaksi (3) berlangsung pada temperatur 90°C dan tekanan 1 atm, dengan konversi reaksi 99,4% (USPatent No.48965).

3. Menggunakan bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida

Proses ini menggunakan bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida yang dibeli langsung dari produsen. Reaksi berlangsung pada temperature 90°C dan tekanan 1 atm, dengan konversi reaksi 99,4% (Faith Keyes, 1975). Bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida dalam bentuk padatan, sedangkan reaksi berlangsung pada fase cair-cair sehingga Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida dilarutkan terlebih dahulu dalam mixing tank sampai didapatkan larutan Na_2HPO_4 dan NaOH. Reaksi pembuatan Trinatrium Fosfat yang terjadi sebagai berikut :



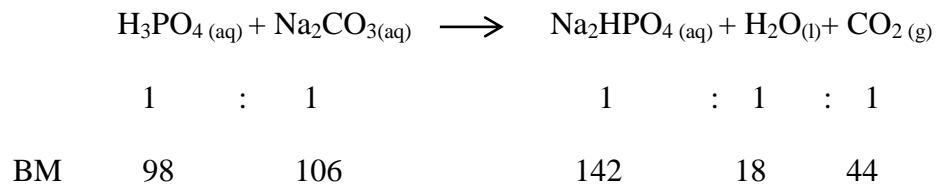
2.2 Perbandingan Proses

Perbandingan antara ketiga proses diatas untuk mendapatkan proses mana yang terbaik dilakukan berdasarkan perbandingan berbagai parameter meliputi teknis, ekonomi dan lingkungan.

2.2.1 Kelayakan Ekonomi

a. Berdasarkan reaksi menggunakan bahan baku Asam Fosfat dan Natrium Karbonat

Reaksi pada Reaktor I:



Konversi: 95,6%

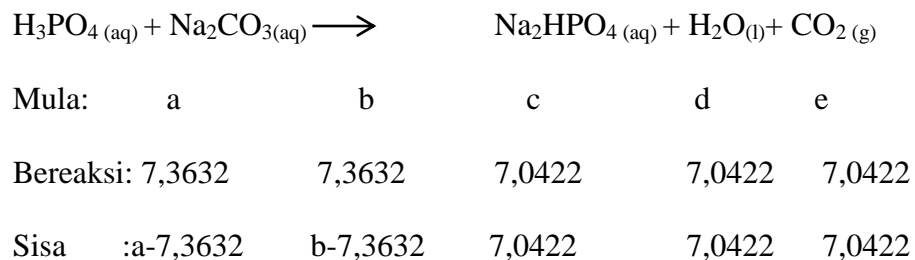
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah Na_2HPO_4 .

Jika pada reaksi tersebut Na_2HPO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol Na_2HPO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{142 \text{ gr/mol}} = 7,0422 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



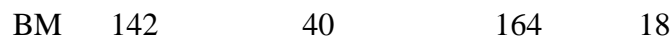
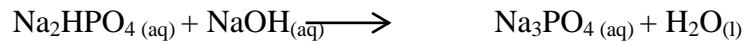
Dengan konversi sebesar 95,6%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{95,6\%} \times 7,0422 \text{ mol} = 7,3632 \text{ mol}$$

$$a = b = 7,3632 \text{ mol}$$

- Mol H_3PO_4 yang bereaksi = Mol Na_2HPO_4 yang terbentuk
= 7,3632 mol
- Massa H_3PO_4 yang bereaksi = 7,3632 mol \times 98 gr/mol
= 721,5936 gr = **0,7216 kg**
- Mol Na_2CO_3 yang bereaksi = mol Na_2HPO_4 yang terbentuk
= 7,3632 mol
- Massa Na_2CO_3 yang bereaksi = 7,3632 mol \times 106 gr/mol
= 780,4992 gr = **0,7805 kg**

Reaksi Pada Reaktor II:



Konversi: 99,4%

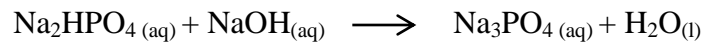
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah Na_3PO_4 .

Jika pada reaksi tersebut Na_3PO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol Na_3PO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{164 \text{ gr/mol}} = 6,0976 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



Mula :	a	b	c	d
Bereaksi :	6,1344	6,1344	6,0976	6,0976
Sisa:	a-6,1344	b -6,1344	6,0976	6,0976

Dengan konversi sebesar 99,4%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{99,4\%} \times 6,0976 \text{ mol} = 6,1344 \text{ mol}$$

$$a = b = 6,1344 \text{ mol}$$

- Mol Na_2HPO_4 yang bereaksi = Mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa Na_2HPO_4 yang bereaksi = 6,1344 mol \times 142 gr/mol
= 871,0848 gr = **0,8711 kg**
- Mol NaOH yang bereaksi = mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa NaOH yang bereaksi = 6,1344 mol \times 40 gr/mol
= 245,376 gr = **0,2454 kg**

Harga:

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 11.754,-/\text{kg}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Rp } 4.998,-/\text{kg}$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.327,48,-/\text{kg}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 17.555,44,-/\text{kg}$$

Jadi, untuk menghasilkan 1 kg Na_3PO_4 dibutuhkan biaya bahan baku sebesar:

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 11.754,-/\text{kg} \times 0,7216 \text{ kg} = \text{Rp } 8.481,-$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Rp } 4.998,-/\text{kg} \times 0,7805 \text{ kg} = \text{Rp } 3.900,-$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.327,48,-/\text{kg} \times 0,2454 \text{ kg} = \text{Rp } 1.798,-$$

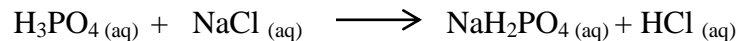
Jadi, selisih harga = harga produk – harga bahan baku

$$= \text{Rp } 17.555,44 - (\text{Rp } 8.481 + \text{Rp } 3.900 + \text{Rp } 1.798)$$

$$= \text{Rp } 3.377,-$$

b. Berdasarkan reaksi menggunakan bahan baku Asam Fosfat dan

Natrium Klorida



Konversi: 98%

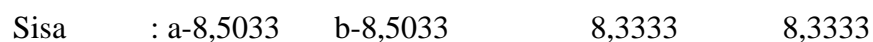
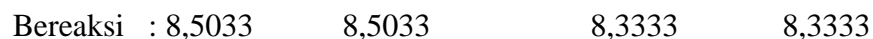
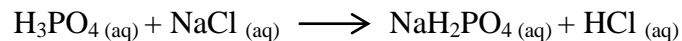
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah NaH_2PO_4 .

Jika pada reaksi tersebut NaH_2PO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol NaH_2PO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{120 \text{ gr/mol}} = 8,3333 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



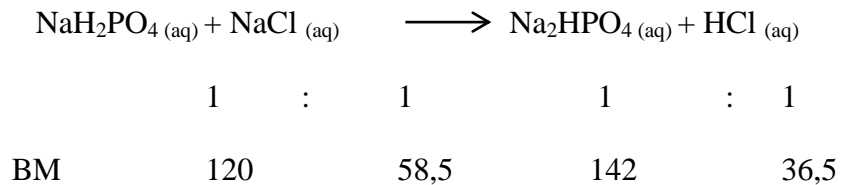
Dengan konversi sebesar 98%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{98\%} \times 8,3333 \text{ mol} = 8,5033 \text{ mol}$$

$$a = b = 8,5033 \text{ mol}$$

- Mol H_3PO_4 yang bereaksi = Mol NaH_2PO_4 yang terbentuk
= 8,5033 mol
- Massa H_3PO_4 yang bereaksi = 8,5033 mol \times 98 gr/mol
= 833,32 gr = **0,83332 kg**
- Mol NaCl yang bereaksi = mol NaH_2PO_4 yang terbentuk
= 8,5033 mol
- Massa NaCl yang bereaksi = 8,5033 mol \times 58,5 gr/mol
= 497,5 gr = **0,4975kg**

Reaksi Pada Reaktor II:



Konversi : 98%

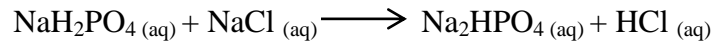
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah Na_2HPO_4 .

Jika pada reaksi tersebut Na_2HPO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol Na_2HPO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{142 \text{ gr/mol}} = 7,0423 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



Mula :	a	b	c	d
Bereaksi :	7,186	7,186	7,0423	7,0423
Sisa:	a-7,186	b-7,186	7,0423	7,0423

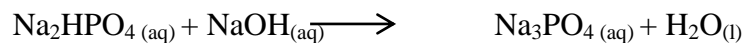
Dengan konversi sebesar 98%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{98\%} \times 7,0423 \text{ mol} = 7,186 \text{ mol}$$

$$a = b = 7,186 \text{ mol}$$

- Mol NaH_2PO_4 yang bereaksi = Mol NaH_2PO_4 yang terbentuk
= 7,186 mol
- Massa NaH_2PO_4 yang bereaksi = 7,186 mol \times 120 gr/mol
= 862,32 gr = **0,8623 kg**
- Mol NaCl yang bereaksi = mol NaH_2PO_4 yang terbentuk
= 7,186 mol
- Massa NaCl yang bereaksi = 7,186 mol \times 58,5 gr/mol
= 420,381 gr = **0,4203kg**

Reaksi Pada Reaktor III:



1 : 1 1 : 1

BM 142 40 164 18

Konversi: 99,4%

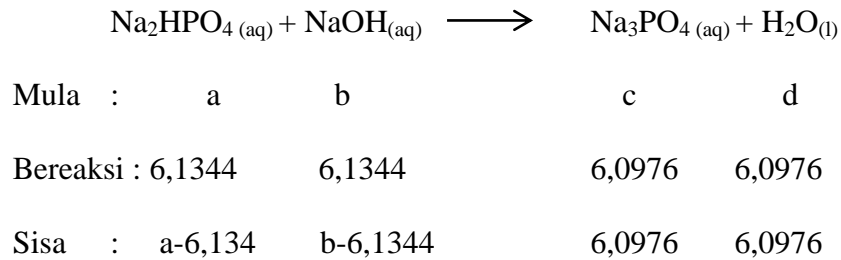
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah Na_3PO_4 .

Jika pada reaksi tersebut Na_3PO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol Na_3PO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{164 \text{ gr/mol}} = 6,0976 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



Dengan konversi sebesar 99,4%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{99,4\%} \times 6,0976 \text{ mol} = 6,1344 \text{ mol}$$

$$a = b = 6,1344 \text{ mol}$$

- Mol Na_2HPO_4 yang bereaksi = Mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa Na_2HPO_4 yang bereaksi = 6,1344 mol \times 142 gr/mol
= 871,0848 gr = **0,8711 kg**
- Mol NaOH yang bereaksi = mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa NaOH yang bereaksi = 6,1344 mol \times 40 gr/mol
= 245,376 gr = **0,2454 kg**

Harga:

H_3PO_4 = Rp 11.754,-/kg

$$\text{NaCl} = \text{Rp } 2.928,-/\text{kg}$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.328,-/\text{kg}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 17.556,-/\text{kg}$$

Jadi, untuk menghasilkan 1 kg Na_3PO_4 dibutuhkan biaya bahan baku sebesar:

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 11.754,-/\text{kg} \times 0,8332 \text{ kg} = \text{Rp } 9.793,-$$

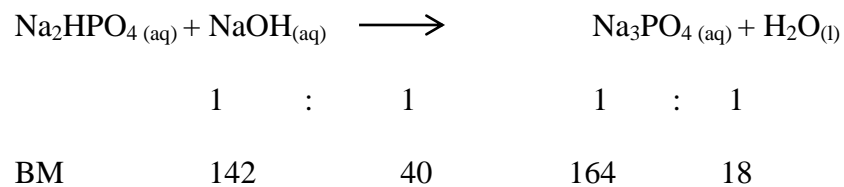
$$\text{NaCl} = \text{Rp } 2.928,-/\text{kg} \times (0,4975 + 0,4203) \text{ kg} = \text{Rp } 2.687,-$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.328,-/\text{kg} \times 0,2454 \text{ kg} = \text{Rp } 1.798,-$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, selisih harga} &= \text{harga produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Rp } 17.556 - (\text{Rp } 9.793 + \text{Rp } 2.687 + \text{Rp } 1.798) \\ &= \text{Rp } 3.278,- \end{aligned}$$

c. Berdasarkan reaksi menggunakan bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida

Reaksi Pada Reaktor:



Konversi: 99,4%

(Sumber : Faith Keyes, 1975)

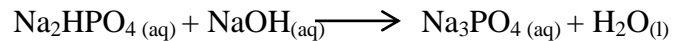
Produk yang terbentuk pada reaksi di atas adalah Na_3PO_4 .

Jika pada reaksi tersebut Na_3PO_4 yang terbentuk sebanyak 1 kg, maka :

Mol Na_3PO_4 yang terbentuk

$$= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1000 \text{ gr}}{164 \text{ gr/mol}} = 6,0976 \text{ mol}$$

Berdasarkan perbandingan stoikiometri, maka :



Mula	:	a	b	c	d
Bereaksi	:	6,1344	6,1344	6,0976	6,0976
Sisa	:	a-6,1344	b-6,1344	6,0976	6,0976

Dengan konversi sebesar 99,4%, maka dibutuhkan reaktan sebanyak :

$$a = \frac{100\%}{99,4\%} \times 6,0976 \text{ mol} = 6,1344 \text{ mol}$$

$$a = b = 6,1344 \text{ mol}$$

- Mol Na_2HPO_4 yang bereaksi = Mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa Na_2HPO_4 yang bereaksi = 6,1344 mol \times 142 gr/mol
= 871,0848 gr = **0,8711 kg**
- Mol NaOH yang bereaksi = mol Na_3PO_4 yang terbentuk
= 6,1344 mol
- Massa NaOH yang bereaksi = 6,1344 mol \times 40 gr/mol
= 245,376 gr = **0,2454 kg**

Harga:

$$\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Rp } 7.633,-/\text{kg}$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.328,-/\text{kg}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Rp } 17.556,-/\text{kg}$$

Jadi, untuk menghasilkan 1 kg Na_3PO_4 dibutuhkan biaya bahan baku sebesar:

$$\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Rp } 7.633,-/\text{kg} \times 0,8711 \text{ kg} = \text{Rp } 6.649,-$$

$$\text{NaOH} = \text{Rp } 7.328,-/\text{kg} \times 0,2454 \text{ kg} = \text{Rp } 1.798,-$$

Jadi, selisih harga = harga produk – harga bahan baku

$$= \text{Rp } 17.556- (\text{Rp } 6.649 + \text{Rp } 1.798)$$

$$= \text{Rp } 9.109,-$$

2.2.2 Kelayakan Teknis

Untuk mengetahui kondisi operasi dalam proses produksi Trinatirum Fosfat, maka harus mempertimbangkan beberapa faktor yaitu salah satunya adalah faktor kelayakan proses secara teknis. Faktor ini mempertimbangkan beberapa hal seperti tekanan operasi dan suhu operasi

No.	Keterangan	Jenis Proses		
		1	2	3
1.	Bahan baku utama	Natrium Karbonat, Asam Fosfat, Natrium Hidroksida	Natrium Klorida, Asam Fosfat, Natrium Hidroksida	Dinatrium Fosfat, Natrium Hidroksida
2.	Kondisi operasi	Reaksi 1 dan 2 : T = 90 °C P=1,5 atm	Reaksi 1 dan 2 : T = 40°C Reaksi 3 : T = 90 °C P=1,5 atm	Reaksi : T = 90 °C P = 1 atm
3.	Konversi	Reaksi 1 : 95,6% Reaksi 2 : 99,4%	Reaksi 1 : 98% Reaksi 2 : 98% Reaksi 3 : 99,4%	Reaksi : 99,4%

2.3 Pemilihan Proses

Berdasarkan penjelasan di bagian sebelumnya, maka dipilihlah proses pembuatan Trinatirum Fosfat ketiga, yaitu dengan menggunakan bahan baku

Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Biaya bahan baku proses ketiga lebih murah, sehingga keuntungan yang didapat lebih besar.
- b. Pada proses ketiga, tidak ada proses pembuatan Dinatrium Fosfat karena langsung didapat dari produsen, sehingga jumlah bahan baku dan alat yang digunakan lebih sedikit sehingga biaya yang dibutuhkan lebih murah.

Kesimpulan tentang perbandingan ketiga reaksi tersebut dapat dilihat pada table 2.1 berikut :

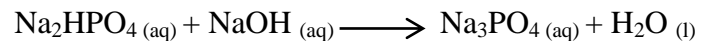
Tabel 2. 1 Perbandingan Proses

No.	Keterangan	Jenis Proses		
		1	2	3
1.	Bahan baku utama	Natrium Karbonat, Asam Fosfat, Natrium Hidroksida	Natrium Klorida, Asam Fosfat, Natrium Hidroksida	Dinatrium Fosfat, Natrium Hidroksida
2.	Harga bahan baku	Rp. 14.116,-	Rp. 14.278,-	Rp.8.447-
3.	Kondisi operasi	Reaksi 1 dan 2 : T = 90 °C P=1,5 atm	Reaksi 1 dan 2 : T = 40°C Reaksi 3 : T = 90 °C P=1,5 atm	Reaksi : T = 90 °C P = 1 atm
4.	Konversi	Reaksi 1 : 95,6% Reaksi 2 : 99,4%	Reaksi 1 : 98% Reaksi 2 : 98% Reaksi 3 : 99,4%	Reaksi : 99,4%

2.4 Deskripsi Proses

2.4.1 Dasar Reaksi

Proses ini menggunakan bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida. Reaksi berlangsung pada temperatur 90°C. Bahan baku Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida dalam bentuk padatan, sedangkan reaksi berlangsung pada fase cair-cair sehingga bahan baku dilarutkan terlebih dahulu dalam *mixing tank* sampai didapatkan larutan Na₂HPO₄ dan NaOH. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



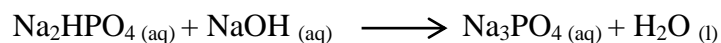
2.4.2 Tinjauan Termodinamika

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

Tabel 2. 2 Data Entalpi Pembentukan Standar

Komponen	ΔH_f (kcal/mol)
NaOH _(s)	-101,96
NaOH _(aq)	-112,193
H ₂ O _(g)	-57,7979
H ₂ O _(l)	-68,3174
Na ₂ HPO ₄ (aq)	-423,61
Na ₃ PO ₄ (aq)	-471,9

Sumber: Tabel 2-220 Perry's 8th ed



$$\Delta H_f = \sum n \cdot \Delta H_f \text{ produk} - \sum n \cdot \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$= (-471,9 + (-68,3174)) - ((-423,61) + (-112,193))$$

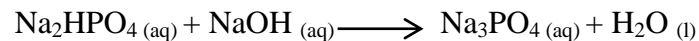
$$= -4,4144 \text{ kcal/mol (eksoterm)}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan *enthalpy* pembentukan standar bernilai negatif, maka reaksi pembentukan Trinitratum Fosfat bersifat eksotermis. Reaksi bersifat *reversible* atau *irreversible* dapat ditentukan dengan meninjau *energy Gibbs* (ΔG°).

Tabel 2. 3 Data Energi Bebas Gibbs

Komponen	ΔG°_f (kcal/mol)
NaOH _(s)	-90,60
NaOH _(aq)	-100,18
H ₂ O _(g)	-54,6351
H ₂ O _(l)	-56,6899
Na ₂ HPO _{4 (aq)}	-385,53
Na ₃ PO _{4(aq)}	-431,3

Sumber: Tabel 2-220 Perry's 8th ed



$$\begin{aligned} \Delta G_f &= \sum n. \Delta G_f \text{ produk} - \sum n. \Delta G_f \text{ reaktan} \\ &= (-431,3 + (-56,6899)) - ((-385,53) + (-100,18)) \\ &= -2,2799 \text{ kcal/mol (spontan)} \end{aligned}$$

Perubahan entalpi reaktan dari 363,15 K menjadi 298,15 K dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta H_R = \Delta H^\circ_R + \left(\int_{T_1}^{T_2} C_{P_i} dT \right) \quad (\text{Smith, 6 ed, pers 4.21})$$

$$\text{Dengan : } \int_{298,15}^{363,15} \Delta C_p dT = \int_{T_1}^{T_2} (\Delta A + \Delta B T + \Delta C T + \frac{\Delta D}{T^2}) dT$$

$$\int_{298,15}^{363,15} \Delta C_p dT = \Delta A (T_2 - T_1) + \frac{\Delta B}{2} (T_2^2 - T_1^2) + \frac{\Delta C}{3} (T_2^3 - T_1^3) + \Delta D \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$= 1.670.185,99 \text{ kcal/mol Na}_2\text{HPO}_4$$

$$= 6.988.058,168 \text{ kJ/kmol Na}_2\text{HPO}_4$$

$$= 6.988,06 \text{ kJ/mol Na}_2\text{HPO}_4$$

Sehingga :

$$\Delta H_{R(363,15 K)} = \Delta H_{R(298,15 K)} + \int_{298,15}^{363,15} C_{Pi} dT$$

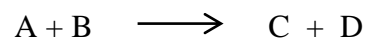
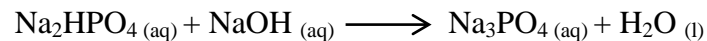
$$= -18.469,85 + 6.988,06 = -11.481,79 \text{ kJ/kmol}$$

2.4.3 Tinjauan Kinetika

Secara umum derajat kelangsungan reaksi ditentukan oleh :

1. Konstanta kecepatan reaksi
2. Orde reaksi
3. Konsentrasi reaktan

Reaksi:



$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k C_A \cdot C_B$$

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

$$-r_A = k (C_{A0} - (1 - X_A)) (C_{B0} - (1 - X_A))$$

$$-r_A = k (C_{A0} - C_{A0} X_A) (C_{B0} - C_{B0} X_A)$$

(Levensipel, 1999)

Sehingga didapatkan nilai konstanta

$$k = 20.744,71 \exp (-2467,13/T)L/mol.jam$$

(*Chemical Engineering Research Vol A2*)

Dimana :

T = Temperatur (K)

Dari persamaan harga konstanta kecepatan reaksi diketahui bahwa pembentukan Trinitirum Fosfat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, maka harga k akan semakin besar dan meningkatkan tumbukan antar molekul.

Reaksi ini berlangsung dalam reaktor CSTR (*Continuous Stirred-Tank Reactor*) dengan kondisi operasi :

Temperatur = 90 °C

Tekanan = 1 atm

(Faith Keyes, 1975)

2.5 Uraian Proses

Proses pembuatan Trinitirum Fosfat secara garis besar dibagi menjadi 3 tahap proses yaitu :

1. Persiapan bahan baku
2. Tahap proses
3. Pemurnian dan penyimpanan produk

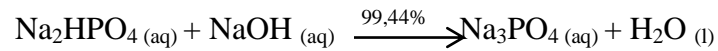
1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Trinitirum Fosfat adalah Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida. Untuk keperluan ini digunakan bahan baku Dinatrium Fosfat 98%, dan Natrium Hidroksida 98%. Bahan baku Dinatrium Fosfat dialirkan ke tangki pelarutan yang dilengkapi dengan pengaduk. Konsentrasi larutan Dinatrium Fosfat yang keluar dari tangki pelarutan 17,22% (Faith-Keyes,1975). Pelarutan Dinatrium Fosfat dilakukan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk bahan baku Natrium Hidroksida diperoleh dari PT. Pindo Deli Pulp & Paper Mill, Karawang dialirkan ke tangki pelarutan yang dilengkapi dengan pengaduk. Konsentrasi larutan Natrium Hidroksida yang keluar dari tangki pelarutan 54,34%. Pelarutan Natrium Hidroksida dilakukan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian hasil dari tangki pelarutan dialirkan ke *pre-heater* untuk dipanaskan terlebih dahulu hingga 90 °C, selanjutnya dipompakan ke reactor.

2. Tahapan proses

Reaktor yang digunakan adalah *Continous Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pendingin dikarenakan reaksi eksotermis untuk menjaga suhu reaksi agar tidak berubah. Sebagai media pendingin digunakan air dengan suhu masuk 30°C, kondisi operasi reaktor pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm.

Dalam reaktor terjadi reaksi :

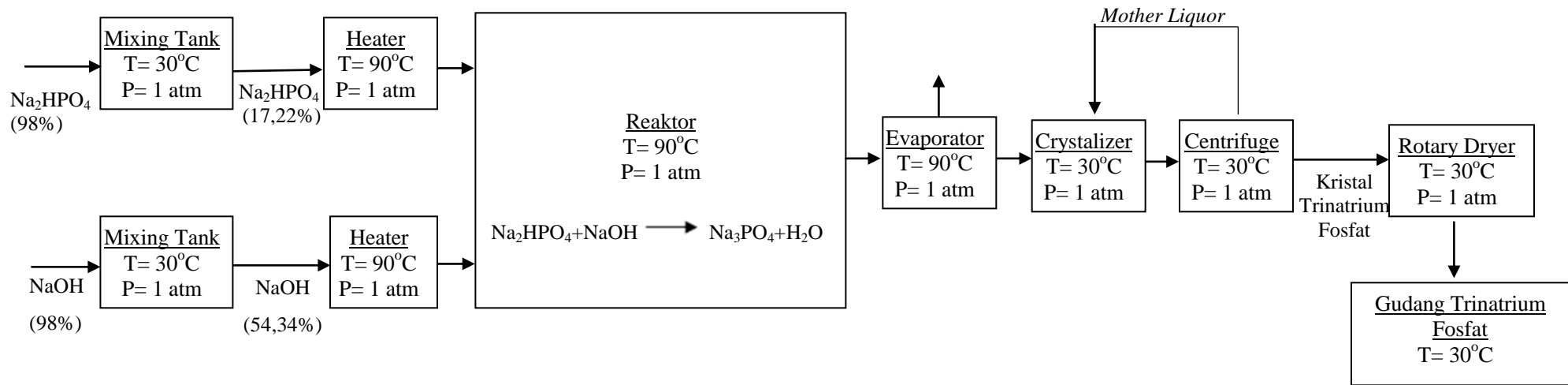


Selanjutnya, produk utama larutan Trinitirum Fosfat akan dialirkan ke *Evaporator* untuk dihilangkan sebagian besar kandungan airnya. Evaporator larutan Trinitirum Fosfat dilakukan pada temperatur 90°C dan tekanan 1 atm. Kemudian dikristalisasi di *Crystallizer* (CR-01) sehingga terbentuk kristal Na₃PO₄. Kristalisasi dilakukan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm.

3. Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Mother Liquor dan kristal yang terbentuk dipisahkan melalui *Centrifuge*, *Mother liquor* yang terbentuk di-*recycle* ke *Crystallizer* (CR-01), sedangkan kristal Trinitirum Fosfat dipindahkan menggunakan *Screw Conveyor* menuju *Rotary Dryer* untuk dikeringkan. Pada *Rotary Dryer*, terjadi proses pengeringan kristal dengan bantuan udara pengering bersuhu 65°C secara berlawanan arah. Produk kristal Trinitirum Fosfat kemudian masuk ke gudang melalui *Belt Conveyor*.

Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:



BAB III

SPEKIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku

3.1.1. Natrium Hidroksida (PT. Pindo Deli Pulp and Paper Mill, Jawa Barat)

Rumus molekul	: NaOH
Berat molekul	: 40 g/mol
Wujud	: Padat
Kemurnian	: 98%
<i>Heat of solution</i>	: 10,18 kcal/kmol
Densitas (30°C)	: 2.130 kg/m ³
ΔH_f	: -112,193 kcal/mol
Kelarutan dalam air	: 119 g/100 ml (30°C)
<i>Specific heat</i> (C_p)	: 1.111,99 kcal/kmol
Titik didih	: 1.388°C
Titik leleh	: 318°C
Titik lebur	: 323°C

3.1.2. Dinatrium Fosfat (PT. Darnait Esa Artha, Banten)

Rumus molekul	: Na_2HPO_4
Berat molekul	: 142 gr/mol
Wujud	: Padat (<i>tabular crystal</i>)
Kemurnian	: 98%
<i>Heat of solution</i>	: 5,21 kcal/kmol
Densitas (30°C)	: 1.700 kg/m ³
ΔHf	: -423,61kcal/mol
Kelarutan dalam air	: 20,8 g/100 ml (30°C)
<i>Specific heat</i> (C_p)	: 433 kcal/kmol
Titik didih	: 158°C
Titik lebur	: 250°C

(Sumber : Perry's, Ed.7th, 1999)

3.2. Produk

3.2.1. Produk Utama

Trinatrium Fosfat

Rumus molekul	: $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Berat molekul	: 380,2 g/mol
Wujud	: Padat (kristal triagonal)
Kemurnian	: 98%
Titik leleh	: 256°C
Densitas	: 2.507 kg/m ³
ΔHf	: -471,9kcal/mol
<i>Specific heat</i> (C_p)	: 6.279 kcal/kmol
Titik lebur	: 1.583°C

(Sumber : Perry's, Ed.7th, 1999)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Trinatrium Fosfat dari Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 38.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik Trinatrium Fosfat direncanakan berdiri di daerah Kawasan Industri Cikande, Kecamatan Cikande yang terletak di Kabupaten Serang, Banten.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik Trinatrium Fosfat ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut :
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 51,08% dan setelah pajak yaitu 40,86%

- b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 1,43 tahun dan 1,72 tahun setelah pajak.
- c. *Break Even Point* (BEP) sebesar 30,88%. Nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 14,11%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti berproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian
- d. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 48,25%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2. Saran

Pabrik Trinatrium Fosfat dari Dinatrium Fosfat dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 38.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut, baik dari segi proses maupun dari segi ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2021. Peta Provinsi Banten. <https://www.google.co.id/maps/cikande>, 2016.

Diakses pada 20 November 2021.

Anonim. 2021. Data Hidrologi, DAS Aliran Sungai Cidanau dan Ciujung.

<https://www.dsdap.bantenprov.go.id>. Diakses pada 20 Juni 2023.

Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*. Bachus

Company, Inc. Oxford: UK.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical*

Engineering. McGraw Hill : New York.

Bank Indonesia. 2022. *Nilai Kurs*. www.bi.go.id. Diakses 4 Desember 2022.

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.

Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*.
Butterworth-Heinemann : Washington.

Duh, Y.S., Hsu, C.C., Kao, C.S. and Yu, S.W., 1996, *Applications of reaction calorimetry in reaction kinetics and assessment of thermal hazards, Thermochim Acta*, 285: 67±79.

Faith W.L., Keyes D. B., Clark R.L., 1965, Industrial Chemicals.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*.
Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th ed*, Allyn &
Bacon Inc, New Jersey.

Google Map. 2021. Area Sungai Cidanau – Banten. Diakses pada 20 Desember 2021.

Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*,
Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hugot, E. 1986.*Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Science
Publishing Company INC.

Jordan Konidis, 1984. Design of Direct Heated Rotary Dryers. Concordia University,
Montreal.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, "Encyclopedia of Chemical Technologi", 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.

Ludwig E.E., 2006. Applied Process Design 4 Chemical & Petrochemical Plants, Vol. 3, eth Ed., Gulf Professional Publishing, Boston.

Mc Cabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.

Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.

MSDS Cumene Hydroperoxide.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Phenol.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Acetone.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

MSDS Amonium Bisulfate.Science Lab.com, Diakses pada 21 September 2021

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*.John Wiley and Sons : New York

Santosa, Galih. 2022. *Hydrant Water*. GalihSantosa.adhiatma.blog. Diakses pada 26 Maret 2022.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

US Patent Office, No. 1,689,547 “*Method for Making Tri-Sodium Phosphate*”

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Wang, L, K.2008. *Gravity Thickener, Handbook of Enviromental Engineering, Vol. 6th*. The Humana Press Inc. : New Jersey

Waryono. 2014. *DAS Cidanau*. <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen.waryono>, diakses pada 20 Agustus 2016

Wilson, E. T.2005.*Clarifier Design*. Mc Graw Hill Book Company : London

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York

www.kemenperin.go.id, Diakses pada 20 Mei 2022

www.alibaba.com, Diakses pada 15 April 2022

www.bps.go.id, Diakses pada 15 April 2022

www.data.un.org, Diakses pada 16 April 2022.