

No :

**PRARANCANGAN PABRIK
HEKSAMETILENATETRAMIN DARI AMONIA DAN
FORMALDEHIDA KAPASITAS 5.500 TON/TAHUN**

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



Oleh :

Nama : Haidar Luthfi Amrullah

Nama : Cassanova Istiqomah W

Nim : 19521227

Nim : 19521228

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRARANCANGAN PABRIK

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMETILENATETRAMIN DARI AMONIA
DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 5.500 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Haidar Luthfi Amrullah

Nama : Cassanova Istiqomah W

Nim : 19521227

Nim : 19521228

Yogyakarta, 01 September 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun I



Haidar Luthfi Amrullah

NIM.19521227

Penyusun II



Cassanova Istiqomah W

NIM.19521228

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMETILENATETRAMIN DARI AMONIA
DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 5.500 TON/TAHUN



Oleh :

Nama : Haidar Luthfi Amrullah

Nama : Cassanova Istiqomah W

Nim : 19521227

Nim : 19521228

Yogyakarta, 01 September 2023

Dosen Pembimbing

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

NIK.995200445

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMETILENATETRAMIN DARI AMONIA
DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 5.500 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Haidar Luthfi Amrullah

Nama : Cassanova Istiqomah W

Nim : 19521227

Nim : 19521228

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

Yogyakarta, 18 Oktober 2023

Tim Penguji,

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


18-10-2023

Ketua

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.



Anggota I

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.


18-10-2023

Anggota II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

NIK.995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia dengan baik.

Sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW. beserta keluarga dan para sahabat, karena dengan syafaatnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Tugas prarancangan pabrik kimia dengan judul "Prarancangan Pabrik Heksametilenatetramin dari Amonia dan Formaldehida Kapasitas 5.500 Ton/Tahun" disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama di bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penyusun diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya.
8. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan tulus dan ikhlas

Demikian laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini kami susun. Penyusun mengharapkan semoga laporan ini dapat diambil manfaatnya sehingga dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca dan diri penyusun sendiri. Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 01 September 2023

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Mengucapkan syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* dengan mengucapkan kalimat *Alhamdulillahirobbil'alamin*, karena atas berkah dan rahmat-Nya, saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Mengucapkan Shalawat kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan *syafa'at* beliau di *Yaumul Akhir* kelak.

Karya ini saya persembahkan, untuk Ibu terbaik sepanjang masa, Ibu Marmi. Untuk Ayah terhebat, Bapak Bibit Mustofa. Untuk adik-adik tersayang, Cassandra Aura Mustofa dan Trengginas Akbar Al Mustofa, serta keluarga besar yang sudah selalu memberikan do'a, dorongan, motivasi, dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyak untuk saya sehingga saya bisa berada di titik ini, terima kasih sudah menjadi "RUMAH" tempat pulang ternyaman untuk saya, lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih saya untuk ibu dan ayah serta keluarga besar lainnya.

Kepada partner terbaik, Haidar Luthfi Amrullah sebagai rekan kerja mulai dari kerja praktek, penelitian hingga prarancangan pabrik yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga ilmu yang didapat menjadi bekal yang bermanfaat di dunia dan di akhirat. Semoga kita menjadi pribadi yang sukses kedepannya.

Kepada Ananda Evisha Putra yang selalu menjadi support system, terimakasih untuk waktu dan momen-momen indahny sebagai mood booster selama mengerjakan skripsi. Kepada CENDOL DAWET yang selalu bareng dari awal sampai akhir kuliah, terimakasih untuk waktu dan dukungannya selama perkuliahan. Kepada Sobat Magetan (Clarita, Fayza dan Salma) yang selalu ada disaat suka maupun duka, terimakasih telah menjadi teman dan saudara yang selalu membantu saya menjalani hari-hari yang menyenangkan. Kepada Ciwi-ciwi (Upik, Shella dan Zalfa) yang selalu menemani, menghibur, membantu dan mendukung selama mengerjakan skripsi. Kepada Teman Aslab OTK 1 dan 2 yang selalu membantu, mendukung dan bertukar pikir selama mengerjakan skripsi.

Kepada Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(Cassanova Istiqomah Walhawanadana)

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Alhamdulillahillobbil'amin. Puji dan syukur selalu terpanjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala.* Tidak ada satupun yang dapat terwujud kecuali atas kehendak-Nya. *Alhamdulillahillobbil'amin* atas segala rahmat-Nya, saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam, tak henti tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* yang senantiasa menjadi sosok teladan kita semua serta kita nantikan *syafa'at*-nya di *Yaumul Akhir.*

Sebuah perjalanan membutuhkan tujuan agar terarah, dimana perjalanan tidak akan pernah selesai tanpa ada jalan yang ditempuh. Skripsi ini merupakan karya, paduan antara usaha dan pencapaian. Terima kasih kepada seluruh orang-orang yang andil dalam membantu saya menempuh seluruh masa perkuliahan. Satu demi satu kewajiban sebagai mahasiswa mampu dipenuhi, sekaligus membentuk saya menjadi pribadi yang lebih baik. Karya ini merupakan akhir dari tugas perkuliahan saya sebagai mahasiswa Teknik Kimia yang dalam pengerjaannya tidak terlepas dari bantuan materi dan moral dari banyak pihak. Terima kasih kepada Umi, Siti Zulaikhah, dan Abi, Sabana Nur, selalu memberikan berbagai bentuk dukungan yang tidak akan pernah dapat dikira dan dibalas. Kepada adik-adik jagoan, terima kasih telah memberikan do'a dan selalu ada untuk membangkitkan tenaga.

Rasa bangga saya sampaikan kepada partner terbaik yang dalam pengerjaan skripsi ini tidak akan selesai tanpa sangkut-pautnya, Cassanova Istiqomah, yang selalu menempatkan tugas-tugas menjadi prioritas, telah banyak mendorong dan menarik saya untuk terus maju. Menuntaskan kerja praktek, penelitian, serta tugas akhir. Terima kasih atas waktu, tenaga dan ilmu yang telah diusahakan selama ini.

Semoga segala bentuk pelajaran dan perjalanan dapat selalu bermanfaat dalam kebaikan.

Kepada seluruh teman-teman, kakak dan adik tingkat, terima kasih atas kehadiran, perhatian dan pikiran. Tanpa adanya kalian, karya ini tidak akan memiliki cerita menarik di baliknya. Semoga karya berupa tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi semua pembacanya, sekaligus pengingat bahwa pencapaian lahir dari berbagai bentuk kontribusi orang lain.

(Haidar Luthfi Amrullah)

DAFTAR ISI

PRARANCANGAN PABRIK	1
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	2
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	3
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	4
KATA PENGANTAR	5
LEMBAR PERSEMBAHAN	8
DAFTAR ISI	12
DAFTAR TABEL	15
DAFTAR GAMBAR	18
DAFTAR LAMPIRAN	19
ABSTRAK	20
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Kebutuhan Heksametilenatetramin Dalam Negeri	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	8
1.2.3 Penentuan Kapasitas	9
1.3 Tinjauan Pustaka	10
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	14
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	15
1.4.2 Tinjauan Kinetika	18
BAB II PERANCANGAN PRODUK	20
2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku	20
2.2 Pengendalian Kualitas	22
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	22
2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses	23
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk	25
BAB III PERANCANGAN PROSES	26
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	26
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	26
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	27
3.2 Uraian Proses	28
3.2.1 Persiapan Bahan Baku	28
3.2.2 Proses Reaksi	29

3.2.3 Pemurnian Produk	29
3.3 Spesifikasi Alat	30
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	30
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah	34
3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	40
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi	42
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas	46
3.3.6 Spesifikasi Expansion Valve	54
3.3.7 Spesifikasi Ejector	55
3.4 Neraca Massa	56
3.4.1 Neraca Massa Total	56
3.4.2 Neraca Massa Absorber (A-01)	56
3.4.3 Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)	57
3.4.4 Neraca Massa Reaktor-02 (R-02)	57
3.4.5 Neraca Massa Evaporator (EV-01)	58
3.4.6 Neraca Massa Evaporator (EV-02)	58
3.4.7 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)	59
3.4.8 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)	59
3.5 Neraca Panas	60
3.5.1 Neraca Panas Total	60
3.5.2 Neraca Panas Alat	61
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	66
4.1 Lokasi Pabrik	66
4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku	67
4.1.2 Pemasaran Produk	67
4.1.3 Sarana Transportasi dan Telekomunikasi	68
4.1.4 Utilitas	68
4.1.5 Tenaga Kerja	69
4.1.6 Keadaan Iklim	69
4.1.7 Lingkungan dan Masyarakat	70
4.1.8 Limbah Industri	70
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	70
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)	76
4.4 Organisasi Perusahaan	80
4.4.1 Bentuk Organisasi	80
4.4.2 Struktur Organisasi	82
4.4.3 Tugas dan Wewenang	86
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja	90

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	93
4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan	97
BAB V UTILITAS	100
5. 1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)	100
5.1.1. Unit Penyediaan Air	100
5.1.2. Unit Pengolahan Air	107
5. 2 Unit Pembangkit Steam	111
5. 3 Unit Pembangkit Listrik	112
5. 4 Unit Penyedia Udara Tekan	116
5. 5 Unit Penyedia Bahan Bakar	117
5. 6 Unit Penyedia Dowtherm	118
5. 7 Unit Pengolahan Limbah	118
5. 8 Spesifikasi Alat Utilitas	120
BAB VI EVALUASI EKONOMI	133
6.1 Perkiraan Harga Alat	134
6.2 Dasar Perhitungan	145
6.3 Komponen Biaya	145
6.3.1 Modal (Capital Investment)	145
6.3.2 Biaya Produksi (Manufacturing Cost)	147
6.3.3 Pengeluaran Umum (General Expenses)	150
6.4 Analisa Keuntungan	150
6.4.1 Keuntungan Sebelum Pajak	150
6.4.2 Keuntungan Sesudah Pajak	151
6.5 Analisa Kelayakan	151
6.5.1 Return on investment (ROI)	151
6.5.2 Pay Out Time (POT)	152
6.5.3 Break Even Point (BEP)	152
6.5.4 Shut Down Point (SDP)	154
6.5.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)	155
BAB VII PENUTUP	157
7.1 Kesimpulan	157
7.2 Saran	158
DAFTAR PUSTAKA	159
LAMPIRAN A	165
LAMPIRAN B	199
LAMPIRAN C	201

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Impor Heksametylenetetramin dari tahun 2015-2022 (Badan Pusat Statistik, 2022).....	3
Tabel 1.2 Daftar Pabrik dan Negara Yang Memproduksi Heksametylenetetramin.....	5
Tabel 1.3 Ekspor Heksametylenetetramin dari tahun 2015-2022 (Badan Pusat Statistik, 2022).....	6
Tabel 1.4 Konsumsi Heksametylenetetramin.....	8
Tabel 1.5 Daftar Pabrik Yang Memproduksi Amonia.....	9
Tabel 1.6 Daftar Pabrik Yang Memproduksi Formaldehida	9
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Heksametylenetetramin.....	14
Tabel 1.8 Harga Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°).....	15
Tabel 1.9 Harga Gibbs Masing-masing Komponen (ΔG_f°).....	16
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku Pembuatan Heksametylenetetramin.....	20
Tabel 2.2 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku Pembuatan Heksametylenetetramin (lanjutan).....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor 1.....	30
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor 1 (Lanjutan).....	31
Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor 1 (Lanjutan).....	32
Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor 2.....	32
Tabel 3.5 Spesifikasi Reaktor 2 (Lanjutan).....	32
Tabel 3.6 Spesifikasi Reaktor 2 (Lanjutan).....	34
Tabel 3.7 Spesifikasi Absorber.....	34
Tabel 3.8 Spesifikasi Absorber (Lanjutan).....	35
Tabel 3.9 Spesifikasi Evaporator 1.....	35
Tabel 3.10 Spesifikasi Evaporator 1 (Lanjutan).....	36
Tabel 3.11 Spesifikasi Evaporator 2.....	37
Tabel 3.12 Spesifikasi Evaporator 2 (Lanjutan).....	38
Tabel 3.13 Spesifikasi Centrifuge.....	38
Tabel 3.14 Spesifikasi Centrifuge (Lanjutan).....	39
Tabel 3.15 Spesifikasi Rotary Dryer.....	39
Tabel 3.16 Spesifikasi Rotary Dryer (Lanjutan).....	40
Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Formaldehida.....	40
Tabel 3.18 Spesifikasi Tangki Formaldehida (Lanjutan).....	41
Tabel 3.19 Spesifikasi Silo Heksametylenetetramin.....	41
Tabel 3.20 Spesifikasi Silo Heksametylenetetramin (Lanjutan).....	42
Tabel 3.21 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida.....	42
Tabel 3.22 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan).....	43
Tabel 3.23 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan).....	4

Tabel 3.24 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan).....	44
Tabel 3.25 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan).....	44
Tabel 3.26 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan.....	45
Tabel 3.27 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan).....	45
Tabel 3.28 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan).....	46
Tabel 3.29 Spesifikasi Heater 1.....	46
Tabel 3.30 Spesifikasi Heater 1 (Lanjutan).....	47
Tabel 3.31 Spesifikasi Heater 2.....	47
Tabel 3.32 Spesifikasi Heater 2 (Lanjutan).....	48
Tabel 3.33 Spesifikasi Heater 3.....	49
Tabel 3.34 Spesifikasi Heater 3 (Lanjutan).....	50
Tabel 3.35 Spesifikasi Condenser 1.....	51
Tabel 3.36 Spesifikasi Condenser 1 (Lanjutan).....	52
Tabel 3.37 Spesifikasi Cooler 1.....	52
Tabel 3.38 Spesifikasi Cooler 1 (Lanjutan).....	53
Tabel 3.39 Spesifikasi Expansion Valve.....	54
Tabel 3.40 Spesifikasi Ejector.....	55
Tabel 3.41 Neraca Massa Total.....	56
Tabel 3.42 Neraca Massa Absorber (A-01).....	56
Tabel 3.43 Neraca Massa Reaktor (R-01)	57
Tabel 3.44 Neraca Massa Reaktor (R-02).....	57
Tabel 3.45 Neraca Massa Evaporator (EV-01)	58
Tabel 3.46 Neraca Massa Evaporator (EV-02)	58
Tabel 3.47 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)	59
Tabel 3.48 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)	59
Tabel 3.49 Neraca Panas Total	60
Tabel 3.50 Neraca Panas Absorber (ABS-01)	61
Tabel 3.51 Neraca Panas Heater 1 (HE-01)	61
Tabel 3.52 Neraca Panas Heater 2 (HE-02)	61
Tabel 3.53 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)	62
Tabel 3.54 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)	62
Tabel 3.55 Neraca Panas Evaporator 1 (EV-01)	63
Tabel 3.57 Neraca Panas Evaporator 2 (EV-02)	63
Tabel 3.58 Neraca Panas Condenser 1 (CN-01)	64
Tabel 3.59 Neraca Panas Cooler 1 (CL-01)	64
Tabel 3.60 Neraca Panas Centrifuge 1 (CF-01)	64
Tabel 3.61 Neraca Panas Heater 3 (HE-03)	65
Tabel 3.62 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)	65
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	74
Tabel 4.2 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik (Lanjutan)	75
Tabel 4.3 Jadwal Jam Kerja Karyawan Non-Shift	91

Tabel 4.4 Jadwal Jam Kerja Karyawan Shift	92
Tabel 4.5 Jadwal Kerja Regu Shift	92
Tabel 4.6 Jadwal Kerja Regu Shift (lanjutan)	93
Tabel 4.7 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	94
Tabel 4.8 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)	95
Tabel 4.9 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)	96
Tabel 4.10 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)	97
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik	102
Tabel 5.2 Kebutuhan Service Water	103
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Steam	104
Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin	105
Tabel 5.5 Total Kebutuhan Air	107
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	113
Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	114
Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas (Lanjutan)	115
Tabel 5.9 Kebutuhan Listrik untuk Alat Penunjang	115
Tabel 5.10 Total Kebutuhan Listrik	116
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa	120
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	121
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	121
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	122
Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	123
Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	124
Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	125
Tabel 5.18 Spesifikasi Bak Utilitas	126
Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Utilitas	127
Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)	128
Tabel 5.21 Spesifikasi Penyaring	129
Tabel 5.22 Spesifikasi Cooling Tower	129
Tabel 5.23 Spesifikasi Mixed Bed	130
Tabel 5.24 Spesifikasi Deaerator	130
Tabel 5.25 Spesifikasi Blower pada Cooling Tower Utilitas	131
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2015	134
Tabel 6.2 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2015 (Lanjutan)	135
Tabel 6.3 Harga Alat Proses	138
Tabel 6.4 Harga Alat Proses (Lanjutan)	139
Tabel 6.5 Harga Alat Proses (Lanjutan)	140
Tabel 6.6 Harga Alat Utilitas	140
Tabel 6.7 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)	141
Tabel 6.8 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)	142
Tabel 6.9 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)	143

Tabel 6.10 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)	144
Tabel 6.11 Physical Plant Cost (PPC)	146
Tabel 6.12 Direct Plant Cost (DPC)	146
Tabel 6.13 Fixed Capital Investment (FCI)	146
Tabel 6.14 Working Capital (WC)	147
Tabel 6.15 Direct Manufacturing Cost (DMC)	148
Tabel 6.16 Indirect Manufacturing Cost (IMC)	148
Tabel 6.17 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	149
Tabel 6.18 Manufacturing Cost (MC)	149
Tabel 6.19 General Expense (GE)	150
Tabel 6.20 Total Production Cost (TPC)	150
Tabel 6.21 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)	153
Tabel 6.22 Annual Regulated Expenses (Ra)	153
Tabel 6.23 Annual Variable Value (Va)	154
Tabel 6.24 Annual Sales Value (Sa)	154

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor Heksametylenatetramin dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-8).....	4
Gambar 1.2 Ekspor Heksametylenatetramin dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-8).....	6
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	27
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik	67
Gambar 4.2 Layout Pabrik Heksametylenatetramin	76
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	79
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Heksametylenatetramin	85
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas	132
Gambar 6.1 Hubungan Tahun dan Indeks Harga	136
Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi	156

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perancangan reaktor.....	165
Lampiran B Process engineering flow diagram (PEFD).....	199
Lampiran C Kartu konsultasi bimbingan prarancangan pabrik.....	201

ABSTRAK

Heksametylenatetramin ($C_6H_{12}N_4$) merupakan senyawa organik heterosiklik yang memiliki struktur molekul tiga dimensi dengan atom karbon menempati puncak dari oktahedron dan nitrogen menempati puncak tetrahedron yang mengelilingi oktahedron. Heksametylenatetramin banyak digunakan untuk produksi resin fenol-formaldehida, asam nitrilotriasetat dan bahan utama pembuatan RDX sebagai peledak. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maka dirancang pabrik Heksametylenatetramin dengan kapasitas 5.500 ton/tahun di daerah kawasan industri Kota Palembang, Sumatera Selatan dengan luas tanah keseluruhan 47.085 m² dan jumlah karyawan 141 orang. Untuk mencapai kapasitas produksi dibutuhkan bahan baku amonia sebesar 3.650,41 ton/tahun dan formaldehida sebesar 9.662,86 ton/tahun. Reaksi pembuatan Heksametylenatetramina menggunakan proses Alexander F. MacLen dilakukan dengan mereaksikan amonia (NH_3) dan formaldehida (CH_2O) dengan perbandingan 2 : 3. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan suhu 50 °C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya keluaran reaktor akan dipisahkan dan dimurnikan menggunakan evaporator, *centrifuge* dan *rotary dryer*. Pabrik ini dilengkapi dengan beberapa komponen utilitas yang membutuhkan 58.530 ton/tahun air pendingin, 29.261 ton/tahun *steam*, 37 m³/jam udara bertekanan, 235 kW listrik dan 223 kg/jam bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik Heksametylenatetramina memiliki tingkat resiko rendah. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan nilai modal tetap sebesar Rp781.702.525.449, modal kerja sebesar Rp175.046.219.449, keuntungan sebelum pajak sebesar Rp126.257.163.672 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp94.692.872.754. Dari perhitungan didapatkan nilai *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 16,15% dan setelah pajak sebesar 12,11%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3,8 tahun dan setelah pajak sebesar 4,5 tahun, *Break Even Point* (BEP) sebesar 55,86%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,32%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) sebesar 18,86%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik Heksametylenatetramin secara ekonomi layak untuk didirikan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan baik di pasar nasional dan internasional.

Kata kunci: Amonia, Formaldehida, Heksametylenatetramin

ABSTRACT

Hexamethylenetetramine ($C_6H_{12}N_4$) is a heterocyclic organic compound with a three-dimensional molecular structure, where carbon atoms occupy the vertices of an octahedron, and nitrogen atoms occupy the vertices of a tetrahedron surrounding the octahedron. Hexamethylenetetramine is widely used in the production of phenol-formaldehyde resins, nitrilotriacetic acid, and as a primary ingredient in the manufacture of RDX explosives. To meet domestic demand, a Hexamethylenetetramine plant with a capacity of 5,500 tons per year was designed in the industrial area of Palembang City, South Sumatra, covering a total land area of 47,085 m² and employing 141 workers. To achieve the production capacity, raw materials of 3,650.41 tons per year of ammonia and 9,662.86 tons per year of formaldehyde are required. The production of Hexamethylenetetramine involves the Alexander F. MacLen process, which reacts ammonia (NH_3) and formaldehyde (CH_2O) in a 2:3 ratio. The reaction occurs in a stirred tank reactor (STR) at a temperature of 50°C and a pressure of 1 atm. Subsequently, the reactor output is separated and purified using an evaporator, centrifuge, and rotary dryer. The plant is equipped with several utility components, requiring 58,530 tons per year of cooling water, 29,261 tons per year of steam, 37 m³/hour of compressed air, 235 kW of electricity, and 223 kg/hour of fuel. The risk analysis shows that the Hexamethylenetetramine plant has a low level of risk. Economic evaluation results indicate a fixed capital value of Rp781,702,525,449, working capital of Rp175,046,219,449, pre-tax profit of Rp126,257,163,672, and post-tax profit of Rp94,692,872,754. The calculations yield a Return On Investment (ROI) of 16.15% before tax and 12.11% after tax, a Pay Out Time (POT) of 3.8 years before tax and 4.5 years after tax, a Break Even Point (BEP) of 55.86%, a Shut Down Point (SDP) of 20.32%, and a Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 18.86%. Based on the economic evaluation results, it can be concluded that the Hexamethylenetetramine plant is economically feasible to establish and has significant potential for development in both the domestic and international markets.

Keywords: Ammonia, Formaldehyde, Hexamethylenetetramin

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) serta persaingan dibidang ekonomi. Dari beberapa industri yang ada, industri kimia merupakan industri yang paling disoroti atas peningkatannya. Industri kimia merupakan industri yang memproses bahan mentah menjadi produk intermediet dan produk jadi. Bahan baku industri hilir secara keseluruhan masih harus impor dari luar negeri. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri perlu adanya pendirian pabrik baru di Indonesia. Salah satunya adalah pabrik Heksametilenatetramin.

Heksametilenatetramin ($C_6H_{12}N_4$) disebut juga *hexamine*, *aminoforn*, *crystamine*, *methenamine*, atau *formin*. Pertama kali ditemukan pada 1859, memiliki struktur molekul tiga dimensi dengan atom karbon menempati puncak dari oktahedron dan nitrogen menempati puncak tetrahedron yang mengelilingi oktahedron. Heksametilenatetramin berbentuk padatan berwarna putih dengan struktur kristal dari dodecahedron belah ketupat. Heksametilenatetramin bersifat mudah terbakar, tidak berbau pada suhu dibawah 285 °C dan menyublim pada suhu 285-295 °C.

Heksametilenatetramin merupakan salah satu produk industri kimia yang dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang industri. Dreyfors dan Sayed (1989) mengungkapkan bahwa produksi Heksametilenatetramin di Amerika Serikat

melebihi sembilan puluh juta *pound* pada tahun 1986 dan diperkirakan tetap stabil di masa depan.

Pada tahun 1960an, Heksametilenatetramin digunakan sebagai bahan peledak siklon. Untuk tahun-tahun selanjutnya, Heksametilenatetramin umum digunakan sebagai bahan pengawet dalam produksi resin fenol-formaldehida, *chelating agent* pada asam nitrilotriasetat untuk sabun atau deterjen, sebagai akselerator dalam industri karet agar menjadi elastis, pada industri farmasi digunakan sebagai penghambat korosi oleh asam mineral kuat, pada industri tekstil sebagai *shrink-proofing agent* dan meningkatkan ketahanan warna dan elastisitas serat selulosa (Kent, 1992). Kirillov (2011) mengungkapkan bahwa lebih dari 500 senyawa yang diidentifikasi secara struktural terdiri dari Heksametilenatetramin.

Meninjau dari berbagai macam peran Heksametilenatetramin dalam industri, maka sangat dibutuhkan pendirian pabrik Heksametilenatetramin. Beberapa alasan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Memajukan industri dalam negeri, pembuatan Heksametilenatetramin membutuhkan bahan berupa Formaldehida dan Amonia, sehingga pendirian pabrik Heksametilenatetramin akan menambah konsumsi bahan tersebut
2. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap impor Heksametilenatetramin
3. Membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat dan meningkatkan taraf hidup masyarakat

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik memiliki peran penting dalam pendirian suatu pabrik karena dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi sesuai dengan kebutuhan pasar. Beberapa pertimbangan penentuan kapasitas pabrik adalah analisa *supply* dan *demand* yang meliputi data impor, ekspor, produksi dan konsumsi dalam negeri.

1.2.1 Kebutuhan Heksametenatetramin Dalam Negeri

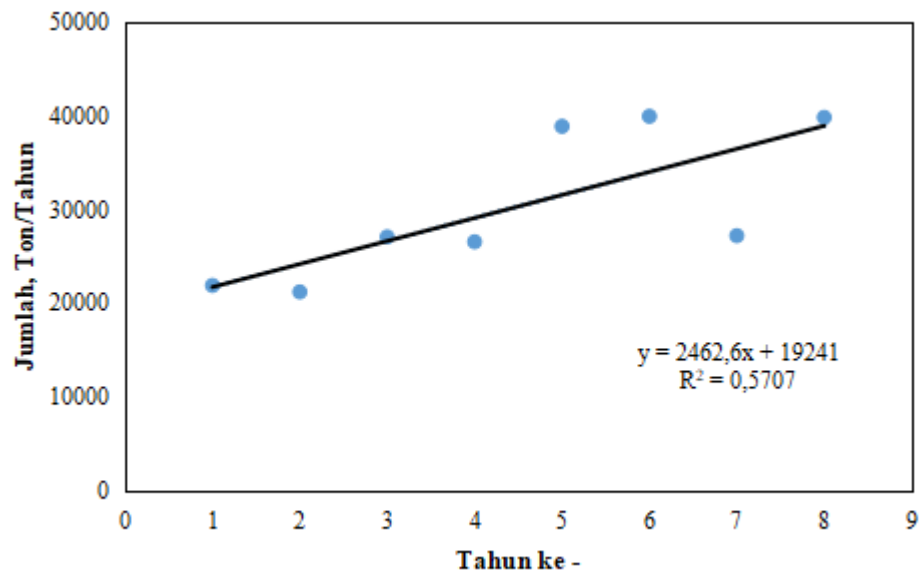
a. *Supply*

Supply merupakan jumlah pasokan yang meliputi data impor dan produksi dalam negeri. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), data impor Heksametenatetramin dari tahun 2015-2022 disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Impor Heksametenatetramin dari tahun 2015-2022 (Badan Pusat Statistik, 2022)

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2015	21.879,40
2016	21.185,01
2017	27.071,96
2018	26.548,69
2019	38.888,79
2020	39.961,28
2021	27.201,48
2022	39.846,70

Kecenderungan naik turunnya impor Heksametilenatetramin tiap tahun dapat didekati menggunakan regresi linier yang disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Impor Heksametilenatetramin dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-8)

Berdasarkan Gambar 1.1, jumlah impor Heksametilenatetramin pada tahun 2028 (tahun ke-14) dapat dihitung menggunakan persamaan 1.1 :

$$y = 2462,6 x + 19241 \quad (1.1)$$

Sehingga diperoleh data impor Heksametilenatetramin pada tahun 2028 (tahun ke-14) sebagai berikut :

$$y = 2462,6 (14) + 19241$$

$$y = 53.717,4 \text{ ton/tahun}$$

Daftar pabrik dan negara di dunia yang memproduksi Heksametenatetramin beserta kapasitas pabriknya disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Daftar Pabrik dan Negara Yang Memproduksi Heksametenatetramin

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Kaltim Hexamindo Wiratama ¹	Jakarta, Indonesia	3.000
Sina Chemical Industrial ²	Sistan dan Baluchestan, Iran	4.000
Kanoria Chemical and Industries., Ltd ³	Kolkata, India	4.000
Mitsubishi Gas Chemical Co., Ltd ⁴	Tokyo, Jepang	7.000
JSC Metafrax ⁵	Metadynea, Rusia	20.000
Jinan Xiangrui Chemical Co., Ltd ⁶	Jinan, China	20.000
Jinan Leader Group Co., Ltd ⁷	Jinan, China	10.950
Jinan Dragon Chemical Co., Ltd ⁸	Jinan, China	20.000
Hebei Yuhang Chemical Industry. Co., Ltd ⁷	Hebei, China	30.000

¹daftarperusahaanindonesia.com ²sinachem.com ³kanoriachem.com ⁴mgc.co.jp
⁵metafrax.ru ⁶gmdu.net ⁷made-in-china.com ⁸commerce.com.tw

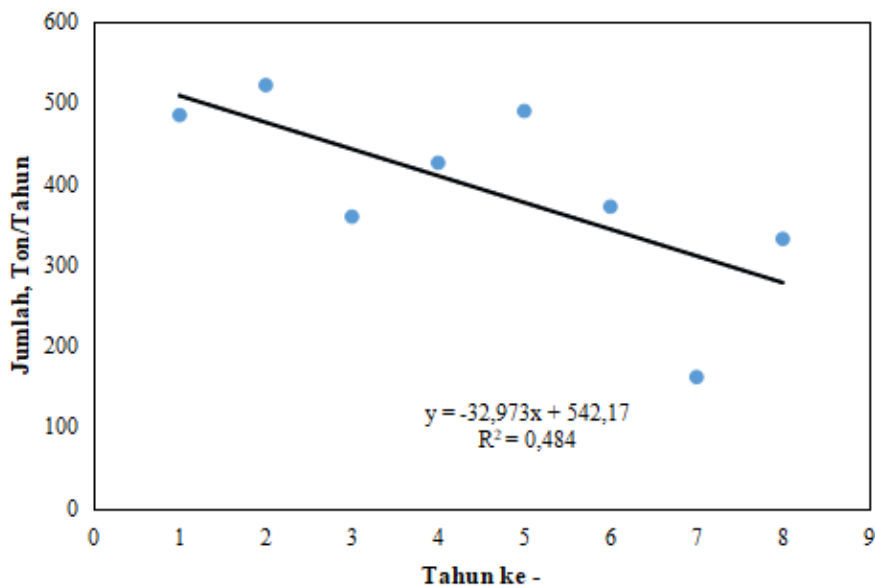
b. Demand

Demand merupakan jumlah permintaan yang meliputi ekspor dan konsumsi dalam negeri. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), diperoleh data ekspor Heksametenatetramin dari tahun 2015-2022 yang disajikan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Ekspor Heksametenatetramin dari tahun 2015-2022 (Badan Pusat Statistik, 2022)

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2015	485,17
2016	522,19
2017	359,86
2018	426,34
2019	490,26
2020	372,18
2021	161,92
2022	332,42

Kecenderungan naik turunnya ekspor Heksametenatetramin tiap tahun dapat didekati menggunakan regresi linier yang disajikan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Ekspor Heksametenatetramin dari tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2022 (tahun ke-8)

Berdasarkan Gambar 1.2, jumlah ekspor Heksametylenatetramin pada tahun 2028 (tahun ke-14) dapat dihitung menggunakan persamaan 1.2 :

$$y = -32,973 x + 542,17 \quad (1.2)$$

Sehingga diperoleh data ekspor Heksametylenatetramin pada tahun 2028 (tahun ke-14) sebagai berikut :

$$y = -32,973 (14) + 542,17$$

$$y = 80,548 \text{ ton/tahun}$$

Jumlah konsumsi diperoleh dari data penggunaan Heksametylenatetramin sebagai bahan baku pada beberapa industri di Indonesia. Beberapa pabrik pengguna Heksametylenatetramin adalah Dahana, Pardic Jaya Chemicals, Justus Sakti Raya, dan konsumsi Heksametylenatetramin sebagai bahan tambah pada olahan karet.

Tabel 1.4 Konsumsi Heksametenatetramin

Produk	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)	Kandungan Heksametenatetramin (%)	Konsumsi Heksametenatetramin (Ton/Tahun)
Dahana - Dabex Bulk Emulsion Explosive ¹	25.000	5	1.250
Pardic Jaya Chemicals - Resin ¹	22.000	10*	2.200
Justus Sakti Raya - Unsaturated Polyester Resin ¹	40.000	10*	4.000
Produksi Olahan Karet Indonesia ²	3.140.000	2.5 ⁺	78.500
Total Konsumsi Heksametenatetramin			85.950

¹tkdn.kemenperin.go.id ²statista.com *Takeichi & Furukawa, 2012 ⁺EP2009049A1

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi Heksametenatetramin adalah Amonia dan Formaldehida. Daftar pabrik di Indonesia yang memproduksi Amonia dan Formaldehida beserta kapasitas pabriknya disajikan pada Tabel 1.4 dan 1.5.

Tabel 1.5 Daftar Pabrik Yang Memproduksi Amonia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Pupuk Sriwidjaja Palembang ¹	1.716.000
PT Pupuk Iskandar Muda ²	726.000
PT Petrokimia Gresik ³	1.105.000
PT Pupuk Kujang ⁴	730.000
PT Pupuk Kalimantan Timur ⁵	2.740.000
PT Kaltim Parna Industri ⁶	495.000

¹pusri.co.id ²pim.co.id ³petrokimia-gresik.com ⁴pupuk-kujang.co.id
⁵pupukkaltim.com ⁶indagkop.kaltimprov.go.id

Tabel 1.6 Daftar Pabrik Yang Memproduksi Formaldehida

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Intanwijaya Internasional. Tbk ¹	110.000
PT Borneo Karya Persada ²	45.500
PT Pamolite Adhesive Industry ³	41.000

¹intanwijaya.com ²indagkop.kaltimprov.go.id ³tkdn.kemenperin.go.id

1.2.3 Penentuan Kapasitas

Kapasitas pabrik ditetapkan dengan beberapa pertimbangan, berdasarkan analisa *supply-demand*, jumlah konsumsi dalam negeri pada tahun 2028 diperkirakan sebesar 85.950 ton/tahun. Sedangkan kapasitas terkecil pabrik Heksametilenatetramin yang telah berdiri di Indonesia adalah sebesar 3.000 ton/tahun. Dengan peluang kapasitas:

$$\text{Peluang Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Demand} = \text{Ekspor} + \text{Konsumsi}$$

$$= 86.030,55$$

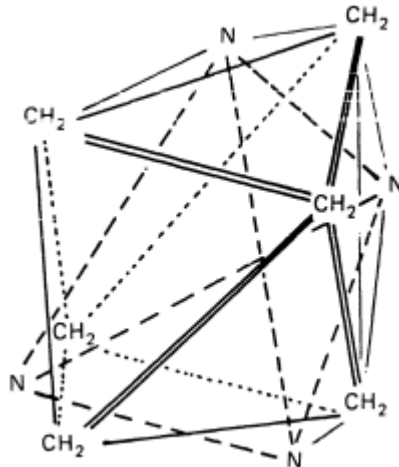
$$\text{Supply} = \text{Impor} + \text{Produksi}$$

$$= 56.717,4$$

$$\text{Peluang Kapasitas} = 29.313,15$$

Berdasarkan perhitungan, pabrik Heksametilenatetramin direncanakan akan berdiri pada tahun 2028 dengan kapasitas produksi 5.500 ton/tahun yang dapat memenuhi 18% dari peluang kapasitas. Selain itu, jumlah bahan baku yang tersedia di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan untuk memproduksi Heksametilenatetramin.

1.3 Tinjauan Pustaka



Gambar 1.3 Struktur Senyawa Heksametilenatetramin (Kent, 1992)

Heksametilenatetramin adalah senyawa organik heterosiklik yang memiliki kelarutan tinggi dalam air dan pelarut polar (Kirillov, 2011). Heksametilenatetramin berasal dari Amonia dan Formaldehida dengan struktur senyawa seperti pada Gambar 1.3. Heksametilenatetramin secara umum banyak

digunakan untuk produksi resin fenol-Formaldehida dan asam nitrilotriasetat (Dreyfors dan Sayed, 1989). Dalam bidang militer, Heksametilenatetramin digunakan sebagai bahan utama pembuatan RDX sebagai peledak. Dalam bidang kesehatan, Heksametilenatetramin digunakan sebagai antiseptik saluran kemih untuk terapi infeksi saluran kemih kronis atau berulang (PubChem, 2022). Kontak yang terlalu lama dengan Heksametilenatetramin akan menyebabkan iritasi kulit dan iritasi pernapasan. Terdapat beberapa proses pembuatan Heksametilenatetramin, yaitu :

a. Proses Meissner

Proses Meissner dikembangkan oleh Firtz Meissner pada awal tahun 1950an. Bahan baku yang digunakan adalah gas Amonia dan larutan Formaldehida (Kent, 1992). Panas yang dihasilkan dari reaksi digunakan untuk menguapkan air dalam reaktor. Jumlah air yang diuapkan sama dengan jumlah panas yang dihasilkan dalam reaktor. Suhu reaktor dipertahankan pada 50-70 °C dengan memvariasikan tekanan parsial gas inert atau mengatur tekanan total. Reaksi berlangsung sangat cepat (U.S. Pat. 0,468,353b).

Dalam reaktor dengan konfigurasi *continuous vacuum distillation column*, Heksametilenatetramin dapat dipekatkan hingga 25 - 30% secara terus menerus. Reaktor dapat digunakan sebagai *crystallizer* dengan menambahkan panas ke reaktor, sehingga Heksametilenatetramin keluar reaktor dalam bentuk kristal. Total panas yang dibutuhkan untuk mengkristalkan produk adalah 3.700 Btu/lb sedangkan panas yang dihasilkan dalam reaktor adalah 1.100 Btu/lb. Sehingga panas yang harus ditambahkan untuk mengkristalkan produk dalam reaktor adalah

2.600 Btu/lb. Uap *overhead* dari reaktor dikondensasikan, sedangkan metanol dan pengotor yang mudah menguap dikeluarkan dari reaktor sebagai limbah gas. Proses ini menghasilkan konversi sebesar 98% dan *yield* sebesar 99% (U.S. Pat. 0,468,353b). Kerugian dalam proses ini adalah kebutuhan panas untuk evaporasi besar dan terjadi kontaminasi Heksametilenatetramin oleh metanol dalam larutan Formaldehida dan air yang dihasilkan dalam reaksi (Kent, 1992).

b. Proses Leonard

Bahan baku yang digunakan pada proses Leonard adalah fase cair-cair dengan mereaksikan Amonia dan Formaldehida (Kent, 1992). Produksi Heksametilenatetramin menggunakan sistem kontinyu, Amonia anhidrat digunakan untuk mengurangi air yang masuk dalam reaktor sehingga mengurangi kebutuhan panas pada proses evaporasi. Penggunaan Amonia anhidrat dapat mengurangi 35% kadar air dalam produk mentah dan meningkatkan konsentrasi Heksametilenatetramin menjadi 21%. Konsentrasi Formaldehida adalah sebesar 37-50% dan suhu reaksi dipertahankan pada 30-50°C. Waktu tinggal pada sistem kontinyu selama 15-30 menit.

Hasil reaktor diumpankan ke *vacuum crystallizer* kemudian produk akan dipekatkan. Pemurnian dilakukan dalam *centrifuge*, kristal dikeringkan menggunakan *dryer* sedangkan cairan hasil *centrifuge* di *recycle* ke reaktor. Untuk menghindari penumpukan impuritas pada cairan yang di *recycle*, maka sebagian cairan dibuang sebagai limbah. Sebesar 3.700 Btu/lb panas hasil reaksi digunakan untuk menguapkan 3,8 lb air yang terkandung dalam Heksametilenatetramin. Amonia ditambahkan secara terus menerus pada saat evaporasi untuk mencegah

dekomposisi Heksametylenetetramin. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 95-96% (Kent, 1992). Keuntungan menggunakan Amonia cair dapat mengurangi beban panas pada pendingin reaktor sedangkan kekurangan menggunakan Amonia cair adalah kontaminasi produk oleh impuritas Amonia (Kent, 1992).

c. Proses Alexander F. MacLen

Bahan baku proses Alexander F. MacLen adalah fase cair-cair dengan mereaksikan Amonia dan larutan Formaldehida. Kedua bahan tersebut diumpankan secara bersamaan ke dalam reaktor yang berlangsung secara kontinyu selama 5-30 menit. Suhu reaksi dikendalikan pada 20-70°C dan pH 7-8. Rasio umpan Formaldehida dan Amonia untuk menghasilkan produk yang maksimal adalah sebesar 3 : 2. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 98% dan sisanya merupakan air (U.S. Pat. 1,640,826).

Untuk mendapatkan konsentrasi Heksametylenetetramin yang tinggi, larutan hasil keluaran reaktor dipekatkan dalam *vacuum evaporator* pada suhu kurang dari 70°C dengan tekanan di bawah 20 inch Hg. Kemudian *slurry* diumpankan ke *centrifugal filter*. Kemudian kristal dikeringkan menggunakan *dryer* sedangkan cairan hasil *centrifuge* di *recycle* ke evaporator. Untuk menghindari penumpukan impuritas pada cairan yang di *recycle*, maka sebagian cairan dibuang sebagai limbah.

Perbandingan proses pembuatan Heksametylenetetramin dari Amonia dan Formaldehida disajikan pada Tabel 1.7.

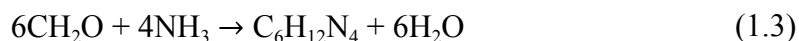
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Heksametilinetetramina

Proses	Meissner	Leonard	Alexander F. MacLen
Fase Bahan Baku	Gas-cair	Cair-cair	Cair-cair
Suhu (°C)	50-70	30-50	20-70
Tekanan Reaktor (atm)	1	16	1
Tekanan Evaporator	Vakum	Vakum	Vakum
Waktu Tinggal (menit)	-	15-30	5-30
<i>Yield</i> (%)	96	95-96	95-98
Alat	1) <i>Continuous vacuum distillation column</i> 2) Kondensator	1) RATB 2) <i>Vacuum evaporator</i> 3) <i>Centrifuge</i> 4) <i>Dryer</i>	1) RATB 2) <i>Vacuum evaporator</i> 3) <i>Centrifuge</i> 4) <i>Dryer</i>

Berdasarkan uraian diatas, maka proses yang dipilih adalah Alexander F. MacLen dengan beberapa pertimbangan bahwa reaksi fase cair lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan fase gas. Proses Alexander F. MacLen memiliki *yield* tertinggi yaitu 98%.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Reaksi pembuatan Heksametilinetetramin dengan proses Alexander F. MacLen dapat dilihat pada persamaan 1.3, dimana larutan Formaldehida dan Amonia direaksikan dengan perbandingan 3 : 2 sehingga terbentuk senyawa Heksametilentetramin. Reaksi tersebut merupakan reaksi searah (*irreversible*).



1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi apakah reaksi menyerap panas (endotermis) atau reaksi melepaskan panas (eksotermis). Penentuan reaksi bersifat endotermis atau eksotermis dapat diketahui menggunakan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ }^\circ\text{K}$. Reaksi pembentukan Heksametilentetramin dari Amonia dan Formaldehida dapat dilihat pada persamaan 1.3. Nilai panas pembentukan standar masing-masing senyawa disajikan pada Tabel 1.7.

Tabel 1.8 Harga Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Senyawa	Nama Senyawa	ΔH_f° (kJ/mol)
CH_2O	Formaldehida	-115,90
NH_3	Amonia	-45,90
H_2O	Air	-241,80
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$	Heksametilentetramin	120,50

(Yaws, 1999 dan Kent, 1992)

Panas Pembentukan Standar

$$\Delta H_f^\circ = A + BT + CT^2 \quad (1.4)$$

Dengan :

ΔH_f° = Panas pembentukan standar, kJ/mol

A,B,C = Konstanta

T = Suhu, $^\circ\text{K}$

$$\Delta H_{reaksi}^{\circ} = \Delta H_{f produk}^{\circ} - \Delta H_{f reaktan}^{\circ} \quad (1.5)$$

$$\Delta H_{reaksi}^{\circ} = \Delta H_{f C_6H_{12}N_4}^{\circ} + 6\Delta H_{f H_2O}^{\circ} - 6\Delta H_{f CH_2O}^{\circ} - 4\Delta H_{f NH_3}^{\circ} \quad (1.6)$$

$$\Delta H_{reaksi}^{\circ} = 120,50 + 6(-241,80) - 6(-115,90) - 4(-45,90)$$

$$\Delta H_{reaksi}^{\circ} = -451,30 \text{ kJ/mol}$$

Jika $\Delta H_{reaksi}^{\circ} > 0$, maka reaksi bersifat endotermis. Jika $\Delta H_{reaksi}^{\circ} < 0$, maka reaksi bersifat eksotermis. Berdasarkan hasil perhitungan, reaksi pembentukan Heksametilentetramin bersifat eksotermis.

Penentuan arah reaksi persamaan 1.3 dapat diketahui dengan menentukan nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) melalui energi Gibbs keseluruhan komponen. Jika nilai $K > 1$ maka reaksi berlangsung *irreversible*, namun jika $K < 1$ maka reaksi berlangsung *reversible*.

Tabel 1.9 Harga Gibbs Masing-masing Komponen (ΔG_f°)

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
CH ₂ O	-110,00
NH ₃	-16,4
C ₆ H ₁₂ N ₄	429,70
H ₂ O	-228,6

(Sumber : Yaws, 1999)

Energi Gibbs Secara Keseluruhan

$$\Delta G_f^{\circ} = A + BT + CT^2 \quad (1.7)$$

Dengan :

ΔG_f° = Energi Gibbs, kJ/mol

A,B,C = Konstanta

T = Suhu, °K

$$\Delta G_{reaksi}^\circ = \Delta G_{f\text{ produk}}^\circ - \Delta G_{f\text{ reaktan}}^\circ \quad (1.8)$$

$$\Delta G_{reaksi}^\circ = \Delta G_{fC_6H_{12}N_4}^\circ + 6\Delta G_{fH_2O}^\circ - 6\Delta G_{fCH_2O}^\circ - 4\Delta G_{fNH_3}^\circ \quad (1.9)$$

$$\Delta G_{reaksi}^\circ = 429,70 + 6(-228,60) - 6(-110,00) - 4(-16,40)$$

$$\Delta G_{reaksi}^\circ = -216,29 \text{ kJ/mol}$$

Energi Gibbs bernilai negatif yang menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara spontan. Berdasarkan persamaan 14.11 dari Van Ness (1997), maka :

$$\ln K = \left(\frac{-\Delta G_r^\circ}{T \cdot R} \right) \quad (1.10)$$

Dengan :

ΔG_r° = Energi Gibbs Reaksi (kJ/mol)

T = Temperatur (°K)

R = 8,314 kJ/mol.K

Sehingga,

$$\ln K = \left(\frac{-216,29}{298 \cdot 8,314} \right)$$

$$K = \exp^{0,087}$$

$$K = 1,09$$

Pada suhu 50 °C (323 °K), besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln \frac{K_2}{K} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T} \right] \quad (1.11)$$

Sehingga,

$$\ln K_2 = \left(\left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T} \right] \right) / K \quad (1.12)$$

$$\ln K_2 = \left(\left[-\frac{-451,3}{8,314} \right] \left[\frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right] \right) / 1,09$$

$$K_2 = \exp^{0,015}$$

$$K_2 = 1,015$$

Dari perhitungan didapatkan nilai $K > 1$ yang menunjukkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible*.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika digunakan untuk menganalisis laju reaksi atau kecepatan reaksi. Laju reaksi dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi reaktan terhadap waktu. Secara umum, laju reaksi akan meningkat dengan bertambahnya suhu. Semakin cepat laju reaksi maka volume reaktor yang diperlukan semakin kecil. Reaksi pembentukan Heksametilentetramin dari Amonia dan Formaldehida dapat dilihat pada persamaan 1.3. Reaksi tersebut merupakan reaksi orde 3 dengan persamaan laju reaksi pembentukan Heksametilentetramin adalah sebagai berikut :

$$r_A = k C_F^2 C_A \quad (1.13)$$

Hubungan suhu dan konstanta laju reaksi dinyatakan oleh persamaan Arrhenius :

$$k = 1,42 \times 10^3 \times \exp\left(\frac{-3090}{T}\right) \quad (1.14)$$

Reaksi pembentukan Heksametilentetramin memiliki konstanta laju reaksi pada suhu 50°C (323°K) sebesar 0,0994 L²mol⁻²s⁻¹ (Kermode dan Stevens, 1965).

BAB II PERANCANGAN PRODUK

Untuk mencapai kesesuaian produk dengan standar yang ditetapkan, proses pembuatan Heksametilenatetramin dapat dirancang menggunakan beberapa variabel seperti spesifikasi produk, spesifikasi bahan dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Spesifikasi produk dan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Heksametilenatetramin disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku Pembuatan Heksametilenatetramin

Spesifikasi	Produk	Bahan Baku	
	Heksametilenatetramin ^{1,2}	Formaldehida ^{1,3}	Amonia ^{1,4}
Rumus kimia	$C_6H_{12}N_4$	CH_2O	NH_3
Berat molekul (g/mol)	140,19	30,03	17,03
Bentuk	Kristal	Cair	Gas
Warna	Putih	Tidak berwarna	Tidak berwarna

¹PubChem ²Mitsubishi Gas Chemical ³PT Intanwijaya Internasional.Tbk ⁴Pupuk Sriwidjaja Palembang¹

Tabel 2.2 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku Pembuatan Heksametenatetramin (lanjutan)

Spesifikasi	Produk	Bahan Baku	
	Heksametenatetramin ^{1,2}	Formaldehida ^{1,3}	Amonia ^{1,4}
Bau	Tidak berbau	Menyengat	Menyengat
pH	7,4	2,5-3,5	-
Titik didih (°C)	-	98	-33
Titik leleh (°C)	260-280	-15	-77,7
Kelarutan dalam air (g/L)	100 pada 20°C	400 pada 20°C	482 pada 24°C
Densitas (g/L)	1330	1,08	0,6
Kemurnian	99,5%	37%	99,5%
Impuritas	0,5%	62,5% H ₂ O 0,5% CH ₃ OH	0,5 % H ₂ O

¹PubChem ²Mitsubishi Gas Chemical ³PT Intanwijaya Internasional.Tbk ⁴Pupuk Sriwidjaja Palembang¹

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dilakukan untuk menjaga kualitas produk sesuai dengan standar yang ditetapkan. Tujuan pengendalian kualitas pada dasarnya adalah untuk mencapai kesalahan yang paling minimum. Pengendalian kualitas terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku digunakan untuk memastikan Formaldehida dan Amonia sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditetapkan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan pada awal proses dengan cara melakukan beberapa pengujian seperti kemurnian, kelarutan, densitas, titik didih, titik lebur dan sebagainya. Selain itu, lokasi penyedia bahan baku dan lama waktu penyimpanan bahan baku juga perlu diperhatikan agar proses produksi berjalan lancar

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses digunakan untuk memastikan kondisi proses sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas proses dilakukan oleh sistem kendali yang dilakukan di ruang kendali. Apabila terdapat proses yang tidak sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka sistem kendali akan memberikan sinyal atau tanda seperti nyala lampu dan bunyi alarm untuk mengembalikan penyimpangan proses secara otomatis maupun manual. Fungsi alat kendali adalah sebagai alat analisa, pengukur, pencatat, pengendali dan pemberi sinyal bahaya. Beberapa alat kendali yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Sensor

Sensor digunakan untuk mengidentifikasi penyimpangan dari kondisi proses yang telah ditetapkan pada set point. Apabila terjadi penyimpangan, maka sensor akan memberikan sinyal kepada *controller*.

b. *Controller*

Controller merupakan alat yang menerima sinyal dari alat sensor untuk mengembalikan kondisi proses sama dengan nilai set point. *Controller* terdiri dari *Level Controller* (LC), *Flow Controller* (FC), *Temperature Controller* (TC), *Pressure Controller* (PC), *Level Indicator* (LI), *Ratio Control* (RC), dan *Level Indicator* (LI).

1. *Level Controller* (LC)

Level controller digunakan untuk mengatur tinggi permukaan cairan agar selalu sama dengan nilai set point. Pengukuran tinggi permukaan cairan

akan dikendalikan oleh *control valve* yang berfungsi untuk mengatur laju cairan masuk dan keluar. Secara umum LC digunakan untuk mengatur tinggi permukaan cairan pada reaktor dan *vessel*.

2. *Flow Controller (FC)*

Flow controller digunakan untuk mengatur laju aliran fluida agar selalu sama dengan nilai set point. Secara umum FC digunakan untuk mengatur laju aliran pada pompa.

3. *Temperature Controller (TC)*

Temperature controller digunakan untuk mengatur suhu cairan agar selalu sama dengan nilai set point. Secara umum TC digunakan untuk mengatur laju aliran pada *heat exchanger*, evaporator, reaktor dan *dryer*.

4. *Pressure Controller (PC)*

Pressure controller digunakan untuk mengatur tekanan fluida agar selalu sama dengan nilai set point. Secara umum PC digunakan untuk mengatur tekanan pada reaktor dan pompa.

5. *Level Indicator (LI)*

Level Indicator digunakan untuk memberikan data ketinggian fluida pada suatu alat.

6. *Ratio Control (RC)*

Ratio Control digunakan untuk mengatur valve sehingga ketika dua arus bercampur, besar arus campuran akan memiliki nilai yang diinginkan.

7. *Weight Indicator (WI)*

Weight Indicator digunakan untuk memberikan data berat solid dalam suatu alat atau penyimpanan.

c. *Actuator*

Actuator digunakan untuk memanipulasi masukan dari *controller* ke dalam proses sehingga kondisi proses sama dengan nilai set point. Alat yang digunakan *automatic control valve* atau *manual hand valve*.

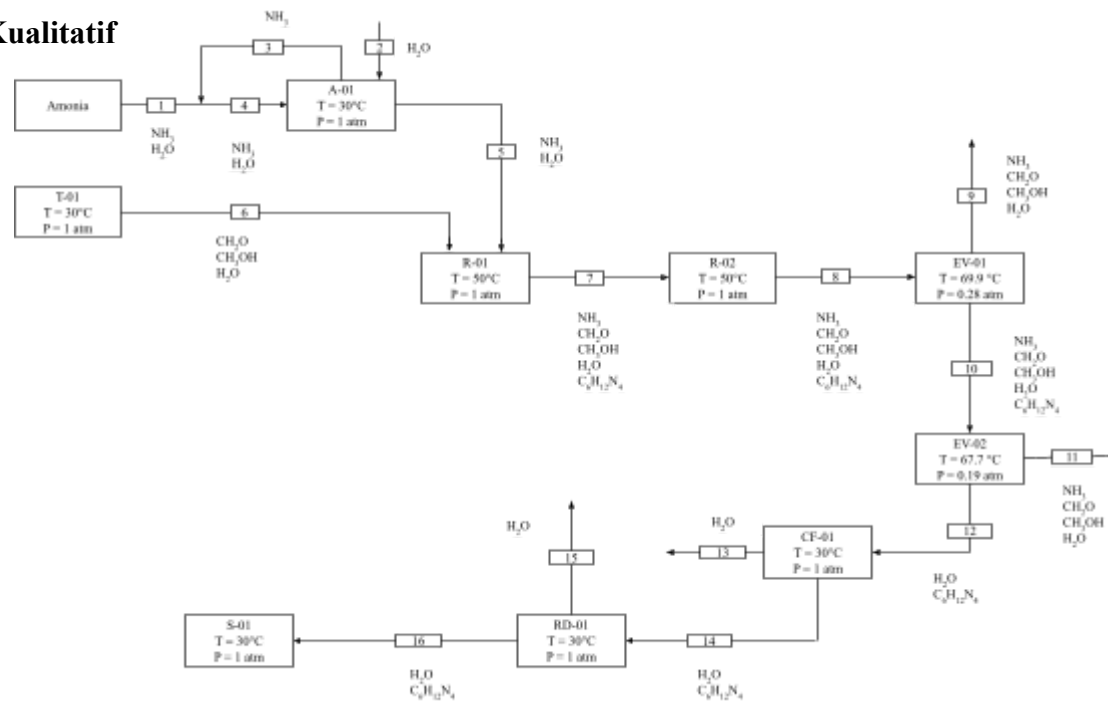
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk digunakan untuk memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas produk dilakukan pada akhir proses dengan cara melakukan beberapa pengujian seperti kemurnian produk Heksametylenatetramin.

BAB III PERANCANGAN PROSES

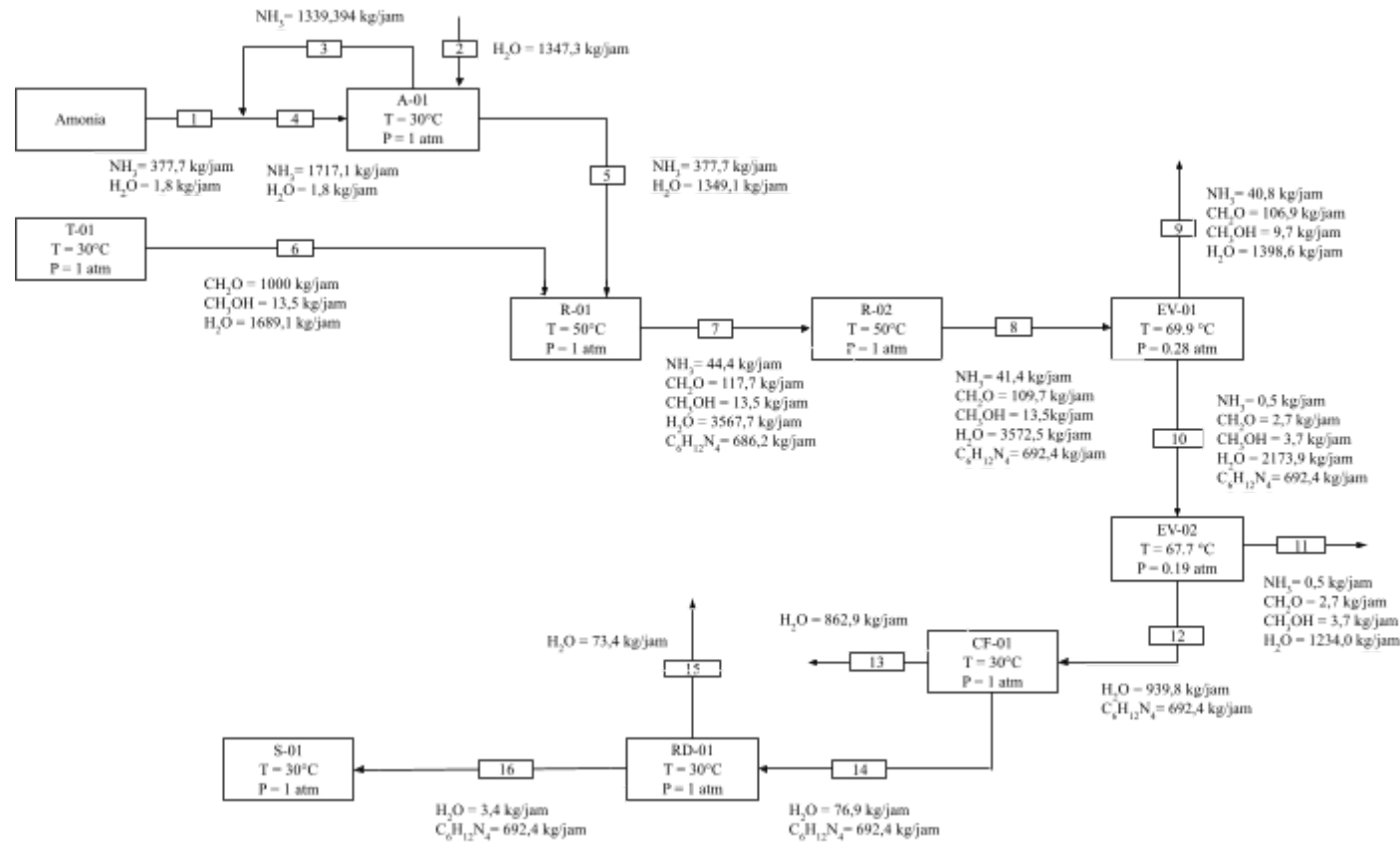
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Perancangan pabrik Heksametenatetramin ini diproduksi dengan kapasitas 5.500 ton/tahun. Proses yang dipilih adalah Alexander F. MacLen dimana larutan Formaldehida dan Amonia direaksikan dengan perbandingan 3 : 2. Secara umum, proses pembuatan Heksametenatetramin terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut :

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Adapun komponen yang digunakan sebagai bahan baku dalam penyusunan pabrik ini adalah sebagai berikut:

a. Amonia (NH_3)

Bahan baku Amonia dengan kemurnian 99,5% didapatkan langsung dari Pupuk Sriwidjaja Palembang. Amonia dilarutkan dalam absorber (ABS-01) menggunakan air pada suhu 30°C , kemudian dipanaskan dalam *Heater* 1 (HE-01) hingga mencapai suhu 50°C dan diumpankan ke dalam reaktor 1 (R-01).

b. Formaldehida (CH_2O)

Bahan baku Formaldehida dengan kemurnian 37% disimpan dalam tangki 2 (T-01) berbentuk silinder tegak dengan alas datar dan atap berbentuk *conical* dalam fase cair pada suhu 30°C dengan waktu simpan selama dua minggu. Formaldehida didapatkan dari PT Intanwijaya Internasional. Formaldehida dipanaskan dalam *heater* 2 (HE-02) hingga mencapai suhu 50°C , kemudian diumpankan ke dalam reaktor 1 (R-01).

3.2.2 Proses Reaksi

Dalam pembuatan Heksametenatetramin dari Amonia dan Formaldehida, reaksi terjadi pada fase cair dengan suhu 50°C, tekanan 1 atm dan berlangsung secara eksotermis. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada reaksi tersebut diperoleh hasil samping berupa air (H₂O), proses reaksi dioptimalkan dalam dua buah reaktor, yaitu reaktor 1 (R-01) dan reaktor 2 (R-02). Reaktor disusun seri dengan jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk. Untuk menjaga suhu reaksi, maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Hasil keluaran dari reaktor yaitu produk utama berupa Heksametenatetramin serta sisa bahan baku berupa Amonia, Formaldehida, Metanol, dan air.

3.2.3 Pemurnian Produk

Proses pemurnian produk dengan menguapkan pengotor di dalam evaporator 1 (EV-01) pada suhu 69,7°C dan tekanan 0,28 atm. Uap yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai pemanas pada evaporator 2 (EV-02) yang beroperasi pada suhu 66,4°C dan tekanan 0,18 atm. Produk bawah dari EV-02 berupa *slurry* mengandung 58% air dan 42% Heksametenatetramin. Untuk mempertahankan tekanan di bawah 1 atm (vakum), digunakan *ejector* 1 (E-01) dan *ejector* 2 (E-02) pada aliran produk atas EV-01 dan EV-02. Selanjutnya *slurry* diumpankan ke *centrifuge* (CF-01) dan konsentrasi Heksametenatetramin mencapai 90%. Produk yang masih basah tersebut dimasukkan ke dalam *rotary*

dryer (RD-01) sehingga produk akhir yang dihasilkan berupa Heksametilenatetramin yang mengandung 0,5% air.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Spesifikasi Reaktor 1

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor 1

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Untuk mereaksikan Formaldehida dan Amonia menjadi Heksametilenatetramin dan Air
Jenis Alat	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continue</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 54.656
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 50
Kapasitas (kg/jam)	: 4.429,68
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 0,32

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor 1 (Lanjutan)

Dimensi Reaktor	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 0,74
	Tinggi (m) : 0,74
	Tebal (m) : 0,005
	Volume (m ³) : 0,32
<i>Head</i>	Tinggi (m) : 0,18
	Tebal (m) : 0,005
	Volume (m ³) : 0,0002
Pengaduk	
Jenis Impeller	: Turbin 6 Blade Disk Standar
Diameter Impeller (m)	: 0,25
Ketinggian Impeller dari dasar (m)	: 0,32
Tinggi Impeller (m)	: 0,96
Lebar Impeller (m)	: 0,06
Jumlah Baffle (buah)	: 4
Lebar Baffle (m)	: 0,04
Tebal Baffle (m)	: 0,05
Jumlah Impeller (buah)	: 2
Kecepatan Pengadukan (rpm)	: 320
Power Pengadukan (Hp)	: 1

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor 1 (Lanjutan)

Jaket Pendingin	
Bahan Jacket	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Tinggi Jacket (m)	: 0,90
Tebal Jacket (m)	: 0,005
Volume Air Pendingin (m ³ /jam)	: 0,20

b. Spesifikasi Reaktor 2

Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor 2

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R-02
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Untuk mereaksikan Formaldehida dan Amonia menjadi Heksametilenatetramin dan Air
Jenis Alat	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continue</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 54.656

Tabel 3.5 Spesifikasi Reaktor 2 (Lanjutan)

DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 50
Kapasitas (kg/jam)	: 4.429,68
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 0,32
Dimensi Reaktor	
<i>Shell</i>	Diameter (m) : 0,74
	Tinggi (m) : 0,74
	Tebal (m) : 0,005
	Volume (m ³) : 0,32
<i>Head</i>	Tinggi (m) : 0,18
	Tebal (m) : 0,005
	Volume (m ³) : 0,0002
Pengaduk	
Jenis Impeller	: Turbin 6 Blade Disk Standar
Diameter Impeller (m)	: 0,25
Ketinggian Impeller dari dasar (m)	: 0,32
Tinggi Impeller (m)	: 0,96
Lebar Impeller (m)	: 0,06
Jumlah Baffle (buah)	: 4
Lebar Baffle (m)	: 0,04
Tebal Baffle (m)	: 0,05
Jumlah Impeller (buah)	: 2
Kecepatan Pengadukan (rpm)	: 320

Tabel 3.6 Spesifikasi Reaktor 2 (Lanjutan)

Power Pengadukan (Hp)	: 1
Jaket Pendingin	
Bahan Jacket	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Tinggi Jacket (m)	: 0,90
Tebal Jacket (m)	: 0,005
Volume Air Pendingin (m ³ /jam)	: 0,035

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a. Absorber

Tabel 3.7 Spesifikasi Absorber

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Absorber
Kode Alat	: ABS-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyerap Amonia dengan air
Jenis Alat	: <i>Packed Column</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 16.827
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Bahan Isian	: <i>Ceramic Intalox Saddle</i>
Kapasitas (kg/jam)	: 175,97

Tabel 3.8 Spesifikasi Absorber (Lanjutan)

Volume (m ³)	: 2,36
Dimensi Absorber	
Diameter (m)	: 0,85
Tinggi (m)	: 4,01
Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,19
Tinggi <i>Shell</i> (m)	: 3,61
Volume <i>Shell</i> (m)	: 2,19
Tinggi <i>Head</i> (m)	: 0,20
Volume <i>Head</i> (m)	: 0,09
Tinggi <i>Packing</i> (m)	: 0,65
Size <i>Packing</i> (m)	: 0,03

b. Evaporator 1

Tabel 3.9 Spesifikasi Evaporator 1

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Evaporator
Kode Alat	: EV-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menguapkan sisa CH ₂ O, CH ₃ OH, NH ₃ dan sebagian air dari produk R-02
Jenis Alat	: <i>Long tube vertical evaporator</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 319.954

Tabel 3.10 Spesifikasi Evaporator 1 (Lanjutan)

DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 0,28
Suhu (°C)	: 69,77
Kapasitas (kg/jam)	: 4.429,69
Kondisi Proses	: Vakum
Luas Transfer Panas (m ²)	: 14,69
Dimensi Evaporator	
<i>Shell (Hot Fluid)</i>	Diameter Dalam (m) : 0,44
	Tebal (m) : 0,005
	<i>Baffle Space</i> (m) : 0,18
<i>Tube (Cold Fluid)</i>	Jumlah Pass : 8
	Diameter Luar (m) : 0,03
	Diameter Dalam (m) : 0,02
	Jumlah Tube : 54
	Panjang Tube (m) : 3,66
	BWG : 9
	Pitch (m) : 0,04
<i>Dimensi Head</i>	Jenis : <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>
	Tebal <i>Head</i> (m) : 0,005
	Tinggi <i>Head</i> (m) : 0,21
	Tinggi Evaporator (m) : 6,79

c. Evaporator 2

Tabel 3.11 Spesifikasi Evaporator 2

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Evaporator
Kode Alat	: EV-02
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menguapkan sisa CH ₂ O, CH ₃ OH, NH ₃ dan sebagian air dari produk EV-01
Jenis Alat	: <i>Long tube vertical evaporator</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 319.954
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 0,18
Suhu (°C)	: 66,44
Kapasitas (kg/jam)	: 2.873,44
Kondisi Proses	: Vakum
Luas Transfer Panas (m ²)	: 14,69
Dimensi Evaporator	
<i>Shell (Hot Fluid)</i>	Diameter Dalam (m) : 0,044
	Tebal (m) : 0,005
	<i>Baffle Space</i> (m) : 0,088

Tabel 3.12 Spesifikasi Evaporator 2 (Lanjutan)

<i>Tube (Cold Fluid)</i>	Jumlah Pass	: 8
	Diameter Luar (m)	: 0,032
	Diameter Dalam (m)	: 0,024
	Jumlah Tube	: 54
	Panjang Tube (m)	: 3,66
	BWG	: 9
	Pitch (m)	: 0,04
<i>Dimensi Head</i>	Jenis	: <i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>
	Tebal <i>Head</i> (m)	: 0,005
	Tinggi <i>Head</i> (m)	: 0,21
	Tinggi Evaporator (m)	: 7,41

d. Centrifuge

Tabel 3.13 Spesifikasi *Centrifuge*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Centrifuge</i>
Kode Alat	: CF-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Memisahkan padatan Heksametilenatetramin dengan <i>motherliquor</i>
Jenis Alat	: <i>Disk Centrifuge</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 35.005

Tabel 3.14 Spesifikasi *Centrifuge* (Lanjutan)

DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Kapasitas (kg/jam)	: 1.632,30
Diameter (m)	: 0,33
Panjang (m)	: 0,99
Kecepatan Putar (rpm)	: 7500
Power (Hp)	: 6

e. *Rotary Dryer*

Tabel 3.15 Spesifikasi *Rotary Dryer*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Rotary Dryer</i>
Kode Alat	: RD-01
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Mengurangi kadar cairan dalam padatan Heksametilenatetramin
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Harga (\$)	: 23.582
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Kapasitas (kg/jam)	: 769,37

Tabel 3.16 Spesifikasi *Rotary Dryer* (Lanjutan)

Dimensi Dryer	
Diameter (m)	: 1,97
Panjang (m)	: 19,91
Volume (m ³)	: 60,96
Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,0047
Kecepatan Putar (rpm)	: 4,42
Kemiringan/ <i>Slope</i> (cm/m)	: 10,64
Waktu Tinggal (jam)	: 0,81
Power (HP)	: 20
Jumlah Flight	: 19

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

a. Tangki Formaldehida

Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Formaldehida

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Tangki Formaldehida
Kode Alat	: T-02
Jenis	: Silinder tegak dengan <i>torispherical head</i>
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku Formaldehida (CH ₂ O)
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Lama Penyimpanan	: 14 hari
Harga (\$)	: 383.577

Tabel 3.18 Spesifikasi Tangki Formaldehida (Lanjutan)

Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Diameter (m)	: 15,24
Tinggi (m)	: 9,93
Volume (m ³)	: 12.869,210
Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,051
Jumlah <i>Course</i>	: 3
Head	
Tinggi (m)	: 4,45
Tebal (m)	: 0,051

b. Silo Heksametilenatetramin

Tabel 3.19 Spesifikasi Silo Heksametilenatetramin

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Silo Heksametilenatetramin
Kode Alat	: S-01
Jenis	: Silinder tegak dengan dasar <i>conical</i>
Jumlah	: 1 (Satu)
Fungsi	: Menyimpan produk Heksametilenatetramin (C ₆ H ₁₂ N ₄)
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 167 Grade 11 Type 316
Lama Penyimpanan	: 1 hari
Harga (\$)	: 332.114

Tabel 3.20 Spesifikasi Silo Heksametenatetramin (Lanjutan)

Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30°C
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 13,46
Tinggi (m)	: 33,64
Volume (m ³)	: 3.918,83
Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,0047
Bottom	
Tinggi (m)	: 33,64
Tebal (m)	: 0,188

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3.21 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan Formaldehida menuju reaktor	Mengalirkan Amonia dari absorber menuju reaktor	Mengalirkan komponen dari R-01 ke R-02
Jenis	<i>Centrifugal Pump - Single Stage</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	15,66	9,82	27,49
Dimensi Pipa			
<i>IPS</i> (m)	0,038	0,032	0,051

Tabel 3.22 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan)

<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD (m)</i>	0,048	0,042	0,059
<i>ID (m)</i>	0,041	0,035	0,052
Dimensi Daya			
<i>Frictional Head</i>	0,46	0,28	0,24
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (Hp)	0,125	0,083	0,083
Kecepatan Putar (rpm)	4.164,43	3.401,77	5.694,03
Jumlah	2	2	2
Harga (\$)	23.582	21.617	20.143

Tabel 3.23 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan)

Parameter	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan komponen dari R-02 ke EV-01	Mengalirkan produk <i>bottom</i> EV-01 ke EV-02	Mengalirkan produk <i>bottom</i> EV-01 ke CF-01
Jenis	<i>Centrifugal Pump - Single Stage</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Kapasitas (gpm)	27,51	19,57	14,64
Dimensi Pipa			
<i>IPS (m)</i>	0,051	0,051	0,038
<i>Sch Number</i>	40	40	40
<i>OD (m)</i>	0,059	0,059	0,048
<i>ID (m)</i>	0,052	0,052	0,040

Tabel 3.24 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan)

Dimensi Daya			
<i>Frictional Head</i>	0,24	0,13	0,32
Efisiensi Motor	80%	80%	80%
Daya Motor (Hp)	0,083	0,083	0,125
Kecepatan Putar (rpm)	6.984,63	6.092,93	2.338,72
Jumlah	2	2	2
Harga (\$)	26.775	26.775	23.582

Tabel 3.25 Spesifikasi Alat Transportasi Fluida (Lanjutan)

Parameter	F-01	BL-01
Nama Alat	Fan-01	Blower-01
Fungsi	Mengalirkan gas dari tangki Amonia ke ABS-01	Mengalirkan udara ke RD-01
Kapasitas (gpm)	2.936,04	67.736,18
Tekanan (atm)	1	1
Suhu (°C)	30	30
Daya Motor (Hp)	0,05	3
Jumlah	2	2
Harga (\$)	737	41.269

Tabel 3.26 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Parameter	SC-01	SC-02
Fungsi	Mengangkut komponen dari CF-01 ke RD-01	Mengangkut komponen dari RD-01 ke S-01
Jenis	<i>Helicoid Flight</i>	<i>Helicoid Flight</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Kapasitas (kg/jam)	769,37	695,91
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	30	30
Tekanan (atm)	1	1
Dimensi		
Panjang (m)	4,57	4,57
Diameter <i>Flight</i> (m)	0,23	0,23
Kecepatan (rpm)	40	40
Power Motor (Hp)	0,05	0,05
Harga (\$)	2.948	2.948

Tabel 3.27 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan)

Nama Alat	: <i>Bucket Elevator</i>
Kode Alat	: BE-01
Fungsi	: Mengangkut komponen dari RD-01 ke S-01
Jenis	: <i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Kapasitas (kg/jam)	: 695,910
Jumlah	: 2

Tabel 3.28 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan)

Dimensi	
Panjang (m)	: 0,152
Lebar (m)	: 0,102
Tinggi (m)	: 7,62
Kecepatan (m/menit)	: 1.149,26
Power Motor	: 0,75
Jumlah <i>Bucket</i>	: 18
Harga (\$)	: 26.530

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heater 1

Tabel 3.29 Spesifikasi *Heater 1*

Nama Alat	: <i>Heater</i>
Kode Alat	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan larutan Amonia sebelum masuk ke dalam R-01
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade II type 316</i>
Jumlah Hairpin	: 4
Harga (\$)	: 2.702
Kondisi Operasi	
Fluida Dingin	
Tekanan, Pt	: 1 atm
Suhu Masuk, t1	: 30 C 302,67 K 85,13 F
Suhu Keluar, t2	: 50 C 323,15 K 122 F

Tabel 3.30 Spesifikasi *Heater 1* (Lanjutan)

Fluida Panas						
Media Pemanas	:	Steam				
Suhu Masuk, T1	:	120	C	393,15	K	248 F
Suhu Keluar, T2	:	120	C	393,15	K	248 F
Massa Pemanas	:	69,91	kg/jam			
		<i>Annulus</i>			<i>Inner Pipe</i>	
IPS	:	0,05	m	0,03	m	
OD	:	0,06	m	0,04	m	
ID	:	0,05	m	0,04	m	
<i>Surface Area</i>	:	0,54	sqft/ft	0,36	sqft/ft	
Panjang	:	3,66	m	3,66	m	
A	:	1,46	m ²			
Ud	:	64,79	Btu/jam. ft ² . °F			
Uc	:	80,62	Btu/jam. ft ² . °F			
Rd	:	0,003				
Rd min	:	0,001				
Jumlah Alat	:	1	Unit			

b. Heater 2

Tabel 3.31 Spesifikasi *Heater 2*

Nama Alat	:	<i>Heater</i>
Kode Alat	:	HE-02
Fungsi	:	Memaskan Formaldehida sebelum masuk reaktor
Jenis HE	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>

Tabel 3.32 Spesifikasi *Heater 2* (Lanjutan)

Jumlah Hairpin	:	3				
Harga (\$)	:	2.456				
Kondisi Operasi						
Fluida Dingin						
Tekanan, Pt	:	1	atm			
Suhu Masuk, t1	:	30	C	302,67	K	85,13 F
Suhu Keluar, t2	:	50	C	323,15	K	122 F
Fluida Panas						
Media Pemanas	:	Steam				
Suhu Masuk, T1	:	120	C	393,15	K	248 F
Suhu Keluar, T2	:	120	C	393,15	K	248 F
Massa Pemanas	:	64,47	kg/jam			
		<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>		
IPS	:	0,05	m	0,03		m
OD	:	0,06	m	0,04		m
ID	:	0,05	m	0,04		m
<i>Surface Area</i>	:	0,54	sqft/ft	0,36		sqft/ft
Panjang	:	3,66	m	3,66		m
A	:	1,46	m ²			
Ud	:	64,79	Btu/jam. ft ² . °F			
Uc	:	110,79	Btu/jam. ft ² . °F			
Rd	:	0,002				
Rd min	:	0,001				
Jumlah Alat	:	1	Unit			

c. Heater 3

Tabel 3.33 Spesifikasi *Heater 3*

Nama Alat	: <i>Heater</i>
Kode Alat	: HE-03
Fungsi	: Memanaskan udara sebelum digunakan pada RD-01
Jenis HE	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah <i>Pass</i>	: 1
Harga (\$)	: 50.235

Tabel 3.34 Spesifikasi *Heater 3* (Lanjutan)

Kondisi Operasi						
Fluida Dingin						
Tekanan, Pt	:	1	atm			
Suhu Masuk, t1	:	30	C	303,15	K	86 F
Suhu Keluar, t2	:	70	C	343,15	K	158 F
Fluida Panas						
Media Pemanas	:	Steam				
Suhu Masuk, T1	:	120	C	393,15	K	248 F
Suhu Keluar, T2	:	120	C	393,15	K	248 F
Massa Pemanas	:	358,41	kg/jam			
Dimensi Alat						
Jumlah Pipa	:	95	buah			
OD	:	0,032	m			
ID	:	0,025	m			
Panjang Tube	:	3,66	m			
A	:	25,53	m ²			
Ud	:	7,04	Btu/jam. ft ² . °F			
Uc	:	62,02	Btu/jam. ft ² . °F			
Rd	:	0,13				
Rd min	:	0.001				
Jumlah Alat	:	1	Unit			

d. Condenser 1

Tabel 3.35 Spesifikasi *Condenser 1*

Nama Alat	: <i>Condenser</i>				
Kode Alat	: CN-01				
Fungsi	: Mengembunkan uap produk EV-01				
Jenis HE	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>				
Jenis Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>				
Jumlah Hairpin	: 4				
Harga (\$)	: 3.071				
Kondisi Operasi					
Fluida Dingin					
Media Pendingin	: Air Pendingin				
Tekanan, Pt	: 1	atm			
Suhu Masuk, t1	: 30	C	302,67	K	85,13 F
Suhu Keluar, t2	: 45	C	318,15	K	113 F
Massa pendingin	: 72,25	kg/jam			
Fluida Panas					
Suhu Masuk, T1	: 60	C	393,15	K	248 F
Suhu Keluar, T2	: 58,2	C	393,15	K	248 F
<i>Annulus</i>			<i>Inner Pipe</i>		
IPS	: 0,076	m	0,051	m	
OD	: 0,089	m	0,06	m	
ID	: 0,078	m	0,053	m	
<i>Surface Area</i>	: 0,80	sqft/ft	0,36	sqft/ft	
Panjang	: 3,66	m	3,66	m	

Tabel 3.36 Spesifikasi *Condenser 1* (Lanjutan)

A	:	2,51	m ²
Ud	:	6,88	Btu/jam. ft ² . °F
Uc	:	7,97	Btu/jam. ft ² . °F
Rd	:	0,02	
Rd min	:	0,001	
Jumlah Alat	:	1	Unit

e. Cooler 1

Tabel 3.37 Spesifikasi *Cooler 1*

Nama Alat	:	<i>Cooler</i>
Kode Alat	:	CL-01
Fungsi	:	Mendinginkan produk bawah EV-01 sebelum memasuki CF-01
Jenis HE	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Jumlah Hairpin	:	20
Harga (\$)	:	4.422
Kondisi Operasi		
Fluida Dingin		
Media Pendingin	:	Dowtherm A
Tekanan, Pt	:	1 atm
Suhu Masuk, t1	:	20 C 302,67 K 85,13 F
Suhu Keluar, t2	:	50 C 318,15 K 113 F
Massa pendingin	:	72,25 kg/jam

Tabel 3.38 Spesifikasi *Cooler* 1 (Lanjutan)

Fluida Panas						
Suhu Masuk, T1	: 66,44	C	339,59	K	151,6	F
Suhu Keluar, T2	: 30	C	303,15	K	86	F
		<i>Annulus</i>			<i>Inner Pipe</i>	
IPS	: 0,076	m		0,051		m
OD	: 0,089	m		0,06		m
ID	: 0,078	m		0,053		m
<i>Surface Area</i>	: 0,804	sqft/ft		0,36		sqft/ft
Panjang	: 3,66	m		3,66		m
A	: 13,89	m ²				
Ud	: 70,13	Btu/jam. ft ² . °F				
Uc	: 79,21	Btu/jam. ft ² . °F				
Rd	: 0,002					
Rd min	: 0,001					
Jumlah Alat	: 1	Unit				

3.3.6 Spesifikasi *Expansion Valve*

Tabel 3.39 Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama		<i>Expansion Valve-01</i>	<i>Expansion Valve-02</i>
Kode		EXV-01	EXV-02
Fungsi		Menurunkan tekanan keluaran R-02 untuk diumpankan ke EV-01	Menurunkan tekanan keluaran EV-01 untuk diumpankan ke EV-02
Jenis		<i>Gate Valve</i>	<i>Gate Valve</i>
Jenis Bahan		<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Kapasitas (kg/jam)		4429,68	2873,43
Kondisi Operasi	T (°C)	50	69,76
	P in (atm)	1	0,28
	P out (atm)	0,28	0,18
Dimensi	ID (m)	0,05	0,05
	OD (m)	0,06	0,06
	Flow area per pipe (m ²)	0,002	0,002
	Panjang pipa (m)	10,66	10,66
Harga (\$)		712	712

3.3.7 Spesifikasi Ejector

Tabel 3.40 Spesifikasi Ejector

Nama	<i>Ejector-01</i>	<i>Ejector-02</i>
Kode	E-01	E-02
Fungsi	Mempertahankan tekanan vakum pada EV-01	Mempertahankan tekanan vakum pada EV-02
Jenis	<i>Steam Jet Ejector</i>	<i>Steam Jet Ejector</i>
Jenis Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316</i>
Steam nozzle (in)	1,50	1,50
Panjang total steam ejector (in)	64,32	64,32
Panjang diffuser body (in)	54,50	54,50
Panjang booster body (in)	9,82	9,82
Lebar suction chamber (in)	7,50	7,50
Diameter lubang inlet bahan masuk (in)	6	6
Diameter lubang discharge (in)	6	6
Diameter lubang inlet steam (in)	3	3
Harga (\$)	6018	6018

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.41 Neraca Massa Total

Komponen	Input	Output
	kg/jam	kg/jam
CH ₂ O	1.000	109,73
NH ₃	377,78	41,45
C ₆ H ₁₂ N ₄	0	692,43
H ₂ O	3.038,40	3.572,56
CH ₃ OH	13,514	13,51
Total	4.429,69	4429,69

3.4.2 Neraca Massa Absorber (A-01)

Tabel 3.42 Neraca Massa Absorber (A-01)

Komponen	Input			Output	
	A1 (kg/jam)	A2 (kg/jam)	A3 (kg/jam)	A3 (kg/jam)	A5 (kg/jam)
NH ₃	377,78	0	1.339,39	1.339,39	377,78
H ₂ O	1,9	1.347,31	0	0	1.349,21
Total	379,68	1.347,31	1.339,39	1.339,39	1.726,98
	3.066,38			3.066,38	

3.4.3 Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)

Tabel 3.43 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input		Output
	A5 (kg/jam)	A6 (kg/jam)	A7 (kg/jam)
CH ₂ O	0	1.000	117,7
NH ₃	377,78	0	44,65
C ₆ H ₁₂ N ₄	0	0	686,23
H ₂ O	1.349,21	1.689,19	3.567,78
CH ₃ OH	0	13,51	13,51
Total	1.726,98	2.702,71	4.429,69
	4.429,69		4.429,69

3.4.4 Neraca Massa Reaktor-02 (R-02)

Tabel 3.44 Neraca Massa Reaktor (R-02)

Komponen	Input	Output
	A7 (kg/jam)	A8 (kg/jam)
CH ₂ O	117,70	109,73
NH ₃	44,65	41,45
C ₆ H ₁₂ N ₄	686,23	692,43
H ₂ O	3.567,78	3.572,56
CH ₃ OH	13,51	13,51
Total	4.429,69	4.429,69

3.4.5 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Tabel 3.45 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input	Output	
	A8 (kg/jam)	A9 (kg/jam)	A10 (kg/jam)
CH ₂ O	109,73	106,95	2,78
NH ₃	41,45	40,89	0,56
C ₆ H ₁₂ N ₄	692,43	0	692,43
H ₂ O	3.572,56	1.398,63	2173,93
CH ₃ OH	13,51	9,78	3,73
Total	4.429,69	1.556,25	2.873,44
	4.429,69	4.429,69	

3.4.6 Neraca Massa Evaporator (EV-02)

Tabel 3.46 Neraca Massa Evaporator (EV-02)

Komponen	Input	Output	
	A10 (kg/jam)	A11 (kg/jam)	A12 (kg/jam)
CH ₂ O	2,78	2,78	0,002
NH ₃	0,56	0,56	0,005
C ₆ H ₁₂ N ₄	692,43	0	692,43
H ₂ O	2.173,93	1.234,07	939,86
CH ₃ OH	3,73	3,73	0,004
Total	2.873,44	1.241,14	1.632,30
	2.873,44	2.873,44	

3.4.7 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

Tabel 3.47 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Input	Output	
	A12 (kg/jam)	A13 (kg/jam)	A14 (kg/jam)
CH ₂ O	0,002	0,002	0
NH ₃	0,005	0,004	0
C ₆ H ₁₂ N ₄	692,43	0	692,43
H ₂ O	939,86	862,92	76,94
CH ₃ OH	0,004	0,003	0
Total	1.632,30	862,93	769,37
	1.632,301	1.632,30	

3.4.8 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 3.48 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Input	Output	
	A14 (kg/jam)	A15 (kg/jam)	A16 (kg/jam)
CH ₂ O	0	0	0
NH ₃	0	0	0
C ₆ H ₁₂ N ₄	692,43	0	692,43
H ₂ O	76,94	73,46	3,48
CH ₃ OH	0	0	0
Total	769,37	73,46	695,91
	769,37	769,37	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3.49 Neraca Panas Total

Alat	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Absorber	46.490,69	46.490,69
<i>Heater 1</i>	187.624,97	187.624,97
Heater 2	177.565,68	177.565,68
Reaktor 1	367.402,78	367.402,78
Reaktor 2	381.771,78	381.771,78
Evaporator 1	3.831.689,86	3.831.689,86
<i>Heater 3</i>	278.443,65	278.443,65
Evaporator 2	3.200.679,52	3.200.679,52
<i>Condenser 1</i>	87.605,88	87.605,88
<i>Cooler 1</i>	162.808,60	162.808,60
<i>Centrifuge 1</i>	19.710,41	19.710,41
<i>Heater 4</i>	887.811,53	887.811,53
<i>Rotary Dryer</i>	1.613,47	1.613,47
Total	9.631.218,82	9.631.218,82

3.5.2 Neraca Panas Alat

a. Absorber (ABS-01)

Tabel 3.50 Neraca Panas Absorber (ABS-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	46.490,69	-
Q2	-	46.490,69
Total	46.490,69	46.490,69

b. Heater 1 (HE-01)

Tabel 3.51 Neraca Panas Heater 1 (HE-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	33.668,39	-
Q2	-	187.624,97
Q Pemanas	153.956,58	-
Total	187.624,97	187.624,97

c. Heater 2 (HE-02)

Tabel 3.52 Neraca Panas Heater 2 (HE-02)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	35.593,99	-
Q2	-	177.565,68
Q Pemanas	141.971,69	-
Total	177.565,68	177.565,68

d. Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3.53 Neraca Panas Reaktor 1 (R-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	364.190,65	-
Q2	-	355.245,90
ΔHR	2.212,13	-
Q Pendingin	-	12.156,88
Total	367.402,78	367.402,78

e. Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3.54 Neraca Panas Reaktor 2 (R-02)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	379.559,66	-
Q2	-	379.559,66
ΔHR	2.212,13	-
Q Pendingin	-	2.212,13
Total	381.771,79	381.771,79

f. Evaporator 1 (EV-01)

Tabel 3.55 Neraca Panas Evaporator 1 (EV-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	379.689,43	-
Q2	-	3.831.689,86
Q Pemanas	3.452.000,43	-
Total	3.831.689,86	3.831.689,86

g. Evaporator 2 (EV-02)

Tabel 3.57 Neraca Panas Evaporator 2 (EV-02)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	407.251,70	-
Q2	-	3.200.679,52
Q Pemanas	2.793.427,82	-
Total	3.200.679,52	3.200.679,52

h. Condenser 1 (CN-01)

Tabel 3.58 Neraca Panas *Condenser* 1 (CN-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	87.605,88	-
Q2	-	83.071,25
Q Pendingin	-	4.534,63
Total	87.605,88	87.605,88

i. *Cooler (CL-01)*

Tabel 3.59 Neraca Panas *Cooler 1 (CL-01)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	162.808,60	-
Q2	-	19.710,40
Q Pendingin	-	143.098,20
Total	162.808,60	162.808,60

j. *Centrifuge (CF-01)*

Tabel 3.60 Neraca Panas *Centrifuge 1 (CF-01)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	19.710,41	-
Q2	-	19.710,41
Total	19.710,41	19.710,41

k. *Heater 3 (HE-03)*

Tabel 3.61 Neraca Panas *Heater 3 (HE-03)*

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	98.477,93	-
Q2	-	887.811,52
Q Pemanas	789.333,59	-
Total	887.811,52	887.811,52

I. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.62 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen Energi	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q1	365.392,07	-
Q2	-	733.744,14
Q udara	2.389.909,58	2.021.557,51
Total	2.755.301,65	2.755.301,65

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi sebuah pabrik merupakan hal yang sangat penting dan perlu direncanakan dengan baik karena dapat berdampak langsung pada perkembangan dan kelangsungan pabrik yang akan didirikan. Dalam memilih lokasi untuk mendirikan sebuah pabrik, terdapat beberapa aspek utama yang dapat menjadi pertimbangan. Beberapa di antaranya adalah ketersediaan bahan baku, potensi pemasaran, utilitas, akses transportasi, kondisi lingkungan sekitar, serta ketersediaan sarana pendukung lainnya. Semua aspek tersebut perlu dipertimbangkan secara matang untuk memastikan keberhasilan dan keberlanjutan operasional pabrik. Dengan pertimbangan tersebut, perancangan pabrik Heksametilenatetramin kapasitas 5.500 ton/tahun akan didirikan di daerah kawasan industri Kota Palembang.



Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik

4.1.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat penting untuk memastikan kelangsungan produksi pabrik Heksametylenetetramin. Kemudahan dalam mendapatkan bahan baku dan keberadaan pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat mengurangi biaya transportasi bahan baku ke pabrik. Pabrik ini membutuhkan dua bahan baku utama, yaitu formaldehid dan Amonia. Formaldehida diperoleh dari PT Intanwijaya Internasional Tbk melalui dua pabrik yang terletak di Banjarmasin (Kalimantan Selatan) dan Semarang (Jawa Tengah). Sementara itu, Amonia diperoleh dari PT Pupuk Sriwidjaja Palembang secara langsung.

4.1.2 Pemasaran Produk

Target pasar pabrik ini adalah memenuhi permintaan akan Heksametylenetetramin di dalam dan luar negeri. Heksametylenetetramin adalah

bahan baku dalam produksi plastik, perekat, bahan peledak, bahan pewarna, dan produk farmasi. Selain itu, Heksametilenatetramin juga digunakan dalam pembuatan kertas, pengolahan minyak, industri karet, kosmetik, dan sebagai agen pengawet dalam makanan. Target penjualan dalam negeri untuk wilayah Jawa, Sumatera dan Kalimantan, sementara target luar negeri untuk wilayah ASEAN.

4.1.3 Sarana Transportasi dan Telekomunikasi

Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik di Palembang karena Palembang mencakup keberadaan kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, menyediakan lahan yang memadai, dan dilengkapi dengan infrastruktur yang memadai, termasuk akses jalan raya yang mempermudah transportasi dan distribusi produk melalui jalur darat. Selain itu, lokasi pabrik yang dekat dengan pelabuhan Tanjung Api-Api dan pelabuhan Boom Baru memberikan keuntungan dalam distribusi produk ekspor ke luar negeri melalui jalur laut. Infrastruktur untuk telekomunikasi, termasuk jaringan telepon dan internet, sudah ada dan dapat digunakan.

4.1.4 Utilitas

Agar pabrik dapat beroperasi dengan lancar, penting untuk memperhatikan sarana-sarana pendukung seperti pasokan air, listrik, dan bahan bakar agar proses produksi berjalan dengan baik. Pabrik yang berlokasi di Palembang memiliki keuntungan karena dekat dengan sungai Musi. Selain itu, kebutuhan tenaga listrik dapat dipenuhi dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan pabrik juga memiliki

generator sebagai cadangan jika terjadi gangguan dari PLN. Sementara itu, bahan bakar untuk generator pabrik berupa solar diperoleh dari Pertamina.

4.1.5 Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja yang diperlukan untuk operasi pabrik dapat terpenuhi baik dari dalam maupun luar lokasi pabrik. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan harus sesuai dengan kriteria perusahaan. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan meliputi jumlah tenaga kerja yang sesuai, tingkat keterampilan yang dibutuhkan, dan memperhitungkan gaji minimum yang berlaku di daerah tersebut. Selain itu, perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti jumlah jam kerja yang diatur, keberadaan industri lain di daerah tersebut, keragaman keterampilan yang tersedia, tingkat pendidikan masyarakat di sekitar pabrik, dan pertimbangan lainnya.

Pembangunan pabrik baru di daerah tersebut diharapkan dapat berkontribusi dalam mengurangi angka Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di wilayah tersebut. Dengan menyediakan lapangan kerja bagi penduduk setempat maupun pekerja dari luar daerah, pembangunan pabrik diharapkan dapat membantu mengurangi tingkat pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

4.1.6 Keadaan Iklim

Palembang merupakan salah satu wilayah yang menjadi pusat pengembangan wilayah industri. Daerah ini memiliki suhu rata-rata sekitar 23°C hingga 32°C, yang memungkinkan operasi pabrik berjalan dengan lancar.

4.1.7 Lingkungan dan Masyarakat

Pendirian pabrik harus disambut baik oleh masyarakat sekitar. Pendirian pabrik ini memberikan lapangan pekerjaan yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Selain itu, pembangunan pabrik ini telah memperhatikan dampak dan faktor-faktor yang relevan untuk memastikan keamanan dan keselamatan masyarakat tidak terganggu. Semua pertimbangan ini telah dilakukan sebelum pabrik didirikan, sehingga masyarakat merasa aman dan mendukung keberadaan pabrik tersebut.

4.1.8 Limbah Industri

Pengelolaan limbah telah dioptimalkan dengan mengolah limbah di area pabrik. Hasil dari pengolahan limbah ini telah memenuhi standar Amdal (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) sehingga limbah tersebut dapat kembali dilepaskan ke lingkungan dengan aman dan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah metode untuk menyusun dan mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik dengan tujuan meningkatkan efisiensi proses produksi. Dalam tata letak pabrik, direncanakan penggunaan ruangan yang tepat untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik, termasuk kantor, gudang, ruang produksi, dan berbagai fasilitas lain yang terlibat dalam proses pembuatan produk.

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan tata letak pabrik (Peters, 2004) adalah sebagai berikut:

1. Alur Proses Produksi: Urutan rangkaian proses produksi harus dipertimbangkan untuk memastikan aliran material yang efisien dan lancar.
2. Perluasan Lokasi: Kemungkinan perluasan lokasi pabrik juga harus dipertimbangkan agar dapat menampung pertumbuhan perusahaan di masa depan.
3. Distribusi Ekonomis: Tata letak harus mempertimbangkan distribusi yang ekonomis untuk bahan baku, pasokan air, *steam process*, dan tenaga listrik agar efisiensi produksi dapat tercapai.
4. Pemeliharaan dan Perbaikan: Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan komponen pabrik harus diperhitungkan agar proses perawatan berjalan dengan baik.
5. Keamanan dan Keselamatan Kerja: Aspek keselamatan dan keamanan kerja harus menjadi prioritas dalam desain tata letak untuk mencegah risiko kecelakaan dan cedera.
6. Kondisi Bangunan: Luas, kondisi, dan konstruksi bangunan harus memenuhi syarat untuk menjamin keselamatan dan keandalan operasional pabrik.
7. Fleksibilitas Tata Letak: Perencanaan tata letak harus fleksibel sehingga dapat menyesuaikan diri dengan kemungkinan perubahan proses atau mesin tanpa memerlukan biaya yang tinggi.

8. Pengelolaan Limbah Cair: Pembuangan limbah cair harus diatur dengan baik agar memenuhi standar lingkungan dan hukum yang berlaku.
9. *Service Area*: Ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan fasilitas lainnya harus diatur dengan baik sehingga mudah diakses dan berada tidak jauh dari lokasi kerja.

Penting untuk mempertimbangkan semua faktor di atas dalam proses perencanaan tata letak pabrik agar dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Beberapa keuntungan dari pengaturan tata letak pabrik yang baik adalah sebagai berikut (Peters, 2004):

1. Pengurangan Jarak dan *Material Handling*: Tata letak pabrik yang baik dapat mengurangi jarak antara transportasi dan proses produksi, sehingga mengurangi kebutuhan untuk melakukan *material handling* atau pemindahan bahan secara berulang-ulang. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi produksi dan menghemat waktu serta biaya.
2. Pengurangan Biaya Produksi dan Peningkatan Keselamatan Kerja: Dengan tata letak yang terorganisir dengan baik, proses produksi dapat berjalan lebih efisien, sehingga biaya produksi dapat dikurangi. Selain itu, tata letak yang aman dan teratur dapat meningkatkan keselamatan kerja dengan mengurangi risiko kecelakaan dan cedera.

Tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

1. Daerah Administrasi/Perkantoran, Laboratorium, dan Fasilitas Pendukung:
Area ini mencakup beberapa bagian, yaitu:
 - a. Daerah administrasi berfungsi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
 - b. Laboratorium berperan sebagai pusat pengendalian kualitas bahan baku dan produk.
 - c. Fasilitas lainnya, seperti poliklinik, kantin, dan masjid, yang disediakan untuk kenyamanan dan kebutuhan karyawan.
2. Daerah Proses dan Perluasan: Ini merupakan daerah di mana peralatan dan proses produksi berlangsung. Daerah ini juga mempertimbangkan kemungkinan perluasan pabrik di masa depan. Ruang kontrol berfungsi sebagai pusat pengendalian seluruh proses produksi.
3. Daerah Pergudangan, Bengkel, Garasi, dan Tempat Muat-Muat: Daerah ini digunakan untuk menyimpan barang-barang produksi, bengkel perbaikan, garasi, dan tempat *loading* atau muat-muat barang.
4. Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran: Di sini terdapat fasilitas utama yang menyediakan air, uap, air pendingin, dan tenaga listrik untuk mendukung berjalannya proses produksi. Selain itu, daerah ini juga berisi fasilitas pemadam kebakaran untuk keamanan pabrik.
5. Daerah Pengolahan Limbah: Daerah ini khusus digunakan untuk memproses dan membuang limbah hasil dari proses produksi, sehingga mematuhi peraturan dan standar lingkungan yang berlaku.

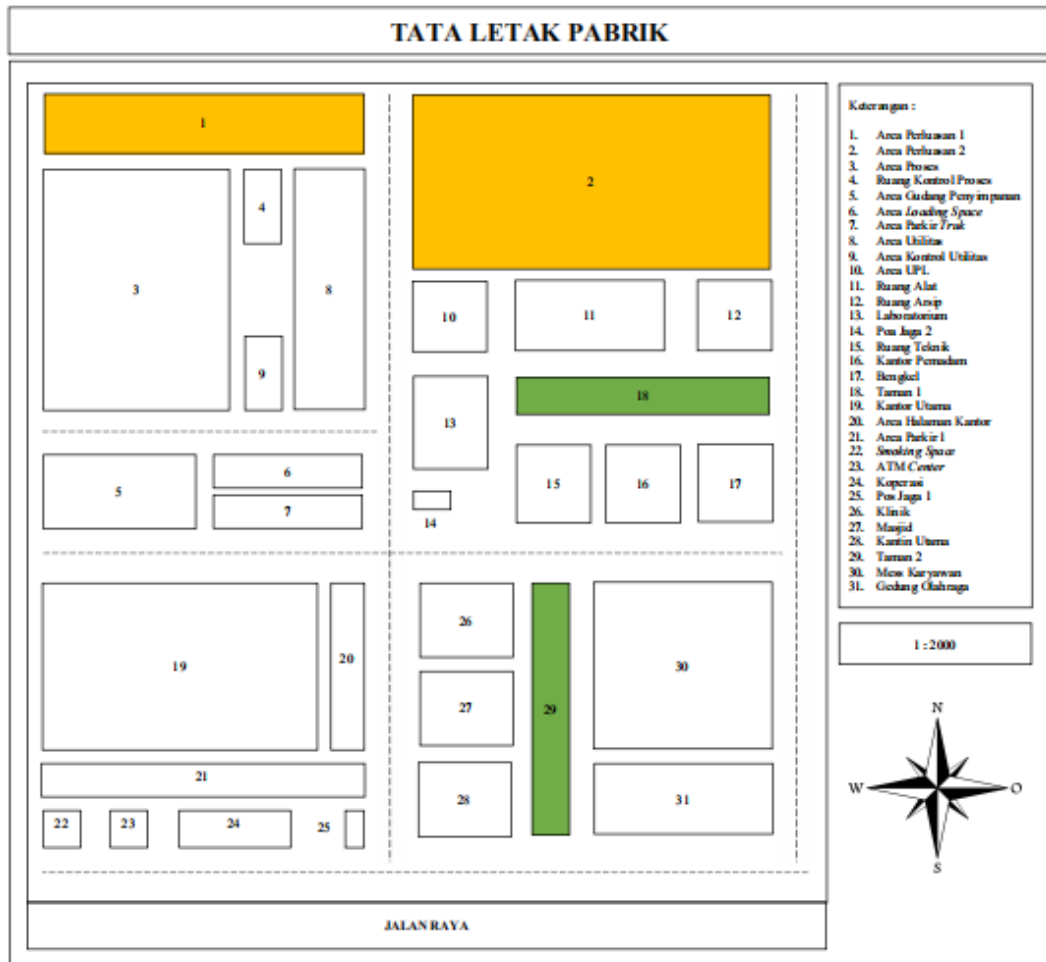
Informasi terkait luas pabrik dan tata letak pabrik dapat ditemukan dalam Tabel 4.1 dan Gambar 4.2. Tabel 4.1 memberikan perincian mengenai ukuran pabrik yang digunakan, sedangkan Gambar 4.2 memberikan pandangan mengenai tata letak pabrik secara visual.

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Area Perluasan 1	86	16	1.376
2	Area Perluasan 2	96	47	4.512
3	Area Proses	50	65	3.250
4	Ruang Kontrol Proses	10	20	200
5	Area Gudang Penyimpanan	41	20	820
6	Area <i>Loading Space</i>	40	9	360
7	Area Parkir Truk	40	9	360
8	Area Utilitas	19	65	1.235
9	Area Kontrol Utilitas	20	20	400
10	Area Unit Pengelolaan Lingkungan	40	19	760
11	Ruang Alat	20	19	380
12	Ruang Arsip	18	19	342
13	Laboratorium	20	25	500
14	Pos Jaga 2	10	5	50
15	Ruang Teknik	20	21	420
16	Kantor Pemadam	20	21	420
17	Bengkel	20	21	420
18	Taman 1	68	10	680
19	Kantor Utama	74	45	3.330
20	Area Halaman Kantor	9	45	405
21	Area Parkir	87	9	783
22	<i>Smoking Space</i>	10	10	100
23	<i>ATM Center</i>	10	10	100

Tabel 4.2 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik (Lanjutan)

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m²)
24	Koperasi	30	10	300
25	Pos Jaga 1	5	10	50
26	Klinik	25	20	500
27	Masjid	25	20	500
28	Kantin Utama	25	20	500
29	Taman 2	10	68	680
30	Mess Karyawan	48	45	2.160
31	Gedung Olahraga	48	19	912
32	Jalan 1	90	6,5	585
33	Jalan 2	199	6,5	1.293,5
34	Jalan 3	206	6,5	1.339
35	Jalan 4	207	6,5	1.345,5
36	Jalan 5	207	6,5	1.345,5
Luas Bangunan		32.713,5		
Luas Tanah		47.085		



Gambar 4.2 Layout Pabrik Heksametylenatetramin

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu:

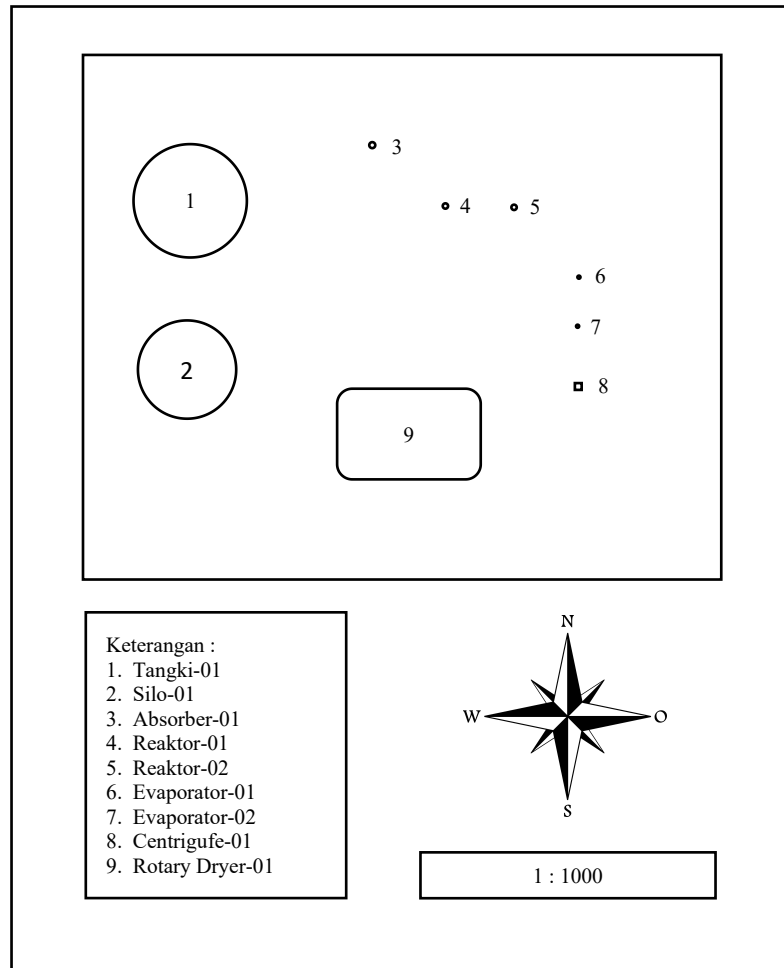
1. Aliran Bahan Baku dan Produk: Pengaturan aliran bahan baku dan produk harus dirancang dengan baik untuk memastikan kelancaran dan efisiensi produksi. Aliran yang tepat dapat meningkatkan keamanan serta mengoptimalkan kinerja produksi.

2. Aliran Udara: Ketersediaan aliran udara yang lancar dalam area proses sangat penting untuk menghindari akumulasi bahan kimia berbahaya dan menjaga keselamatan kerja.
3. Pencahayaan: Pencahayaan yang memadai di seluruh area pabrik harus diperhatikan agar karyawan dapat bekerja dengan nyaman dan aman. Area proses yang berisiko tinggi perlu mendapatkan perhatian lebih dalam hal pencahayaan.
4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan: Tata letak pabrik harus memperhatikan jalur lalu lintas untuk karyawan dan kendaraan agar pekerja dapat dengan mudah mencapai peralatan proses. Keamanan pekerja saat menjalankan tugasnya harus menjadi prioritas.
5. Pertimbangan Ekonomi: Penempatan peralatan proses harus mempertimbangkan efisiensi biaya operasional dan memastikan kelancaran serta keamanan produksi. Pertimbangan ekonomi ini dapat memberikan keuntungan bagi pabrik.
6. Jarak antar Alat Proses: Peralatan proses yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya untuk menghindari kerusakan akibat ledakan atau kebakaran. Tata letak alat-alat proses yang tepat dapat memberikan manfaat berupa kelancaran produksi dan optimalisasi penggunaan lahan.
7. *Maintenance*: Perencanaan perawatan dan pemeliharaan peralatan sangat penting untuk menjaga kinerja pabrik. Dengan perawatan yang baik,

produksi dapat berjalan lancar dan mencapai target produksi serta spesifikasi bahan baku yang diinginkan.

Dengan mempertimbangkan hal-hal di atas, perancangan tata letak peralatan proses dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keselamatan pabrik. Gambar 4.3 menunjukkan layout atau tata letak alat proses yang meliputi beberapa bagian berikut :

Tata Letak Alat Proses



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Pabrik Heksametilenatetramin didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Dalam struktur Perseroan Terbatas (PT), modal akan diperoleh melalui penjualan saham kepada para pemegang saham, di mana setiap pemegang saham memiliki hak untuk memiliki satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT), tanggung jawab pemegang saham terbatas hingga jumlah yang mereka setorkan untuk setiap saham yang dimiliki. Ini berarti pemegang saham tidak bertanggung jawab atas kewajiban perusahaan melebihi jumlah saham yang mereka miliki.

Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang diakui secara hukum sebagai entitas yang terpisah dari pemiliknya. Ini berarti, meskipun pemilik adalah pemegang saham, perusahaan akan memiliki identitas hukum yang berbeda. Dengan demikian, perseroan memiliki kemampuan untuk memiliki aset, melakukan kontrak, dan mengambil langkah-langkah hukum seperti badan hukum independen.

Pilihan bentuk Perseroan Terbatas (PT) cocok untuk perusahaan yang memiliki skala besar karena memberikan keuntungan dalam hal pembiayaan melalui penjualan saham, serta membatasi tanggung jawab pemegang saham dalam jumlah yang telah mereka investasikan. Selain itu, sebagai badan hukum, Perseroan Terbatas (PT) dapat memberikan kepastian hukum dan perlindungan hukum bagi perusahaan dan pemegang sahamnya.

Beberapa alasan yang menjadi pertimbangan dalam memilih bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut:

1. Kemudahan Mendapatkan Modal: Struktur PT memungkinkan perusahaan untuk dengan mudah memperoleh modal dengan menjual saham perusahaan kepada investor atau melalui pinjaman dari bank.
2. Kelancaran Produksi dan Tanggung Jawab Terbatas: Tanggung jawab pemegang saham terbatas hanya sebatas jumlah saham yang mereka miliki, sehingga kelancaran produksi dan operasional pabrik lebih mudah dijaga oleh pimpinan perusahaan tanpa terbebani oleh tanggung jawab pribadi para pemegang saham.
3. Pemisahan Pemilik dan Pengurus: Struktur PT memungkinkan pemisahan antara pemilik perusahaan (pemegang saham) dan pengurus perusahaan (direksi dan stafnya) yang diawasi oleh dewan komisaris. Hal ini memberikan jaminan kelangsungan hidup perusahaan tanpa tergantung pada perubahan status atau keputusan pemegang saham, direksi, atau karyawan.
4. Efisiensi Manajemen: Pemegang saham dapat memilih dewan komisaris dan direktur utama yang ahli dan berpengalaman untuk mengelola perusahaan dengan efisien dan profesional.
5. Akses ke Lapangan Usaha yang Lebih Luas: Sebagai perusahaan terbatas, PT dapat menarik modal yang besar dari masyarakat melalui penjualan saham, sehingga memungkinkan perusahaan untuk memperluas bisnisnya dan mengakses lapangan usaha yang lebih luas.

6. Mudah Mendapatkan Kredit dari Bank: Sebagai badan hukum, PT dapat memberikan jaminan perusahaan untuk memperoleh kredit dari bank atau lembaga keuangan dengan lebih mudah.

Dengan memilih struktur PT, perusahaan dapat memanfaatkan berbagai keuntungan ini dalam mengelola operasional dan pertumbuhan bisnisnya.

4.4.2 Struktur Organisasi

Dalam mengoperasikan perusahaan, diperlukan sumber daya manusia yang berkualitas dan sistem manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang jelas. Struktur organisasi perusahaan harus dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan khusus dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya struktur organisasi yang baik sangat tergantung pada manajemen perusahaan yang efektif. Struktur organisasi membantu perusahaan mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari setiap bagian atau divisi yang ada di dalam perusahaan. Pembentukan bagian-bagian atau jabatan dalam perusahaan dimulai dari tingkat paling atas dan terdapat dua bentuk struktur organisasi yang umum digunakan, yaitu sistem line dan staf.

1. Line: Kelompok ini terdiri dari orang-orang yang bertanggung jawab langsung dalam menjalankan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan perusahaan.
2. Staf: Kelompok ini terdiri dari orang-orang yang memiliki keahlian dan tugasnya adalah memberikan saran-saran atau nasihat ahli kepada unit operasional dalam perusahaan.

Line adalah orang-orang yang berada pada posisi pelaksanaan tugas inti perusahaan dan bertanggung jawab langsung atas jalannya operasional perusahaan. Sedangkan staf adalah orang-orang yang berfungsi sebagai penasihat dan memberikan dukungan dengan keahlian tertentu kepada unit operasional atau bagian dalam perusahaan.

Kombinasi antara sistem line dan staf dalam struktur organisasi membantu perusahaan dalam mengkoordinasikan dan mengoptimalkan sumber daya manusia serta mengambil keputusan yang lebih efisien dan tepat. Dengan adanya pembagian peran yang jelas antara line dan staf, perusahaan dapat berfungsi dengan lebih baik dalam mencapai tujuan-tujuan yang telah ditetapkan.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan menunjuk Dewan Komisaris untuk mewakili mereka dalam pelaksanaan tugas sehari-hari. Sementara itu, tugas operasional perusahaan dijalankan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi dan Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan.

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab atas bidang proses, pengendalian, utilitas, laboratorium, pemeliharaan, instrumentasi, listrik dan mesin. Sedangkan Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab atas bidang pembelian, pemasaran, administrasi, keuangan, personalia, humas, keamanan, K3 serta penelitian dan pengembangan.

Dalam struktur organisasi ini, Direktur akan memimpin beberapa Kepala Bagian yang bertanggung jawab atas bawahan mereka sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Setiap Kepala Bagian akan mengawasi beberapa seksi yang memiliki tanggung jawab dalam bidang tertentu.

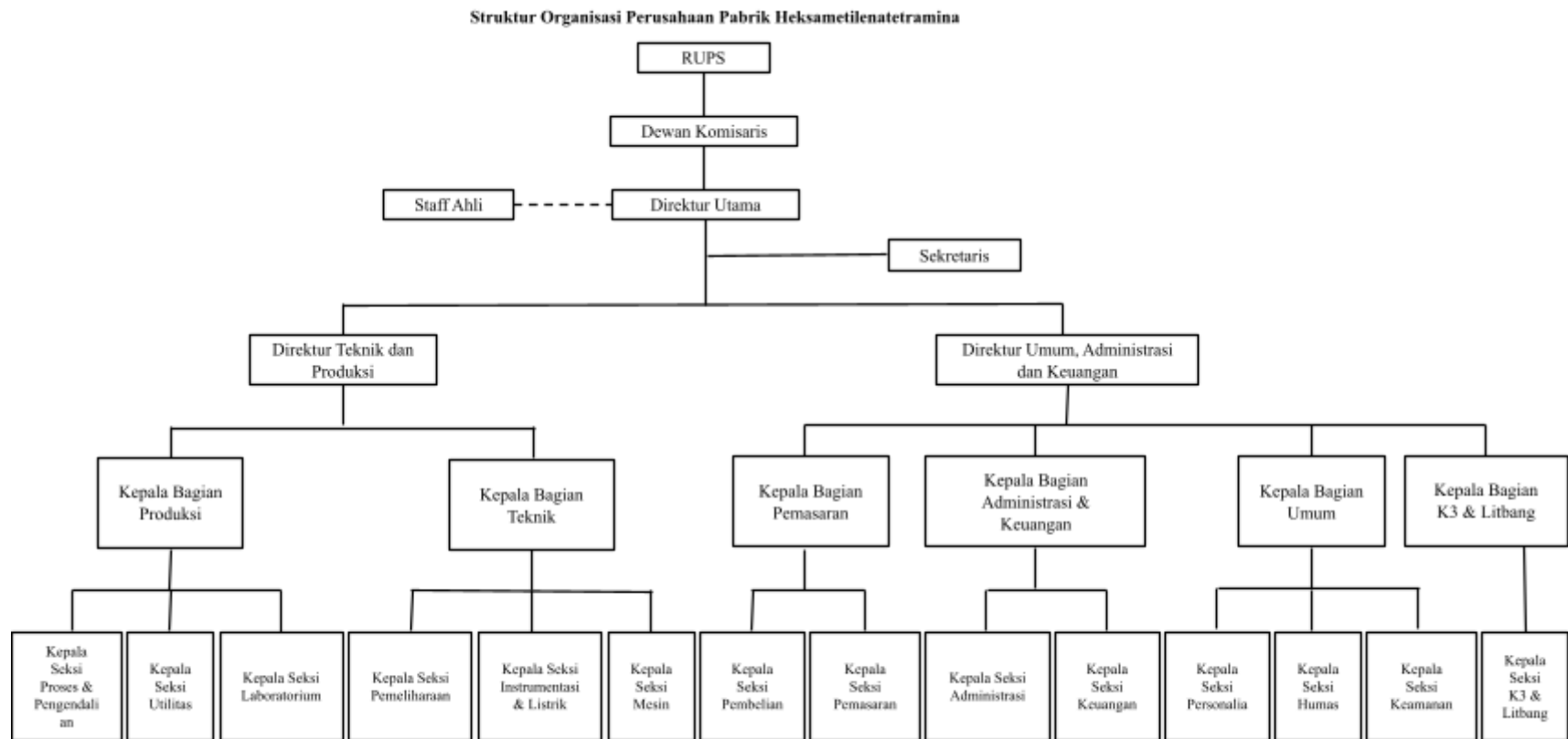
Selanjutnya, setiap seksi akan mengawasi beberapa karyawan perusahaan sesuai dengan bidangnya masing-masing. Karyawan perusahaan akan tergabung dalam kelompok regu yang dipimpin oleh Kepala Regu, yang akan bertanggung jawab kepada pengawas di masing-masing seksi.

Untuk mencapai kelancaran produksi, perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasihat kepada tingkat pengawas untuk mencapai tujuan perusahaan.

Dengan struktur organisasi seperti ini, perusahaan dapat mengkoordinasikan dan mengatur sumber daya manusia dengan lebih efektif, sehingga tujuan perusahaan dapat tercapai dengan baik. Pembagian tanggung jawab dan wewenang yang jelas memungkinkan setiap tingkatan dalam organisasi untuk berfungsi secara efisien dan berkontribusi pada kesuksesan perusahaan secara keseluruhan.

Manfaat dari struktur organisasi yang ada adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan batasan tugas, tanggung jawab, dan wewenang.
2. Digunakan sebagai bahan pengantar bagi pejabat.
3. Menempatkan karyawan sesuai dengan posisi yang tepat.
4. Membantu merumuskan rencana pengembangan manajemen.
5. Melakukan perbaikan langkah dan prosedur kerja yang tidak optimal dan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Heksametylenetetramin

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Di struktur organisasi garis dan staf, puncak otoritas dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh pemilik saham dan dewan komisaris, dan diadakan sekurang-kurangnya satu kali setiap tahun untuk terus memonitor dan mengevaluasi kinerja perusahaan. Namun, jika terjadi keadaan darurat, RUPS tetap dapat diadakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Hak dan wewenang RUPS termasuk hal-hal berikut:

1. Meminta pertanggungjawaban dari Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan anggota Dewan Komisaris dan Direktur, serta mengesahkan pengunduran diri anggota pemegang saham sesuai dengan hasil musyawarah.
3. Menyetujui hasil kerja serta neraca perhitungan laba rugi tahunan dari perusahaan.
4. Menentukan besarnya laba tahunan yang akan dibagikan, disimpan, atau diinvestasikan kembali.

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris yang ditunjuk oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang bertindak atas nama pemilik saham, memiliki tanggung jawab terhadap pemilik saham. Dewan Komisaris memiliki berbagai tugas yang meliputi:

1. Mengevaluasi dan menyetujui rencana umum, tujuan perusahaan, alokasi sumber daya keuangan, serta arah strategi pemasaran yang diajukan oleh direksi.
2. Melakukan pengawasan atas semua aktivitas dan pelaksanaan tugas yang dilakukan oleh direktur perusahaan.
3. Memberikan bantuan kepada direktur utama dalam hal-hal yang dianggap penting.

4.4.3.3 Direktur Utama

Jabatan paling tinggi dalam perusahaan, yaitu Direktur Utama yang memiliki tanggung jawab utama terhadap kesuksesan perusahaan sesuai dengan arahan yang ditetapkan oleh RUPS. Direktur Utama sebagai pemimpin tertinggi, bertanggung jawab atas semua keputusan dan kebijakan yang berhubungan dengan Dewan Komisaris. Direktur Utama memiliki berbagai tugas yang meliputi:

1. Memimpin dan memajukan perusahaan dengan cara yang efisien dan efektif.
2. Merancang serta melaksanakan kebijakan umum perusahaan sejalan dengan ketetapan RUPS.
3. Membangun kolaborasi dengan pihak eksternal demi keuntungan perusahaan.
4. Mewakili perusahaan dalam menjalin hubungan dan menegosiasikan perjanjian dengan pihak ketiga.

5. Merencanakan serta mengawasi pelaksanaan tugas seluruh staf perusahaan.

Dalam menjalankan tanggung jawabnya, Direktur Utama akan dibantu oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan.

1. Sekretaris

Sekretaris ditunjuk oleh Direktur Utama untuk mengelola urusan surat-menyurat perusahaan, mengurus arsip, dan tugas-tugas administratif lainnya yang mendukung fungsi administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi memiliki tanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya adalah mengawasi pelaksanaan semua kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan produksi, teknik, proses, pengendalian, utilitas, laboratorium, pemeliharaan, instrumentasi, listrik dan mesin. Dalam menjalankan tanggung jawab ini, Direktur Teknik dan Produksi memiliki dukungan dari dua Kepala Bagian, yaitu:

- a. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertugas mengatur dan mengawasi pelaksanaan semua aktivitas perusahaan yang terkait dengan produksi, proses, pengendalian, utilitas dan laboratorium. Untuk menjalankan tugas ini, Kepala Bagian Produksi dibantu oleh tiga Kepala seksi, yaitu seksi proses & pengendalian, seksi utilitas, dan seksi laboratorium.

- b. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik memiliki tanggung jawab mengorganisir dan mengawasi pelaksanaan semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan teknik dan pemeliharaan. Dalam menjalankan tugas ini, Kepala Bagian Teknik dibantu oleh tiga Kepala seksi, yaitu seksi pemeliharaan, seksi instrumen & listrik, serta seksi mesin.

3. Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan

Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan memiliki tanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya mengawasi pelaksanaan semua kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan pembelian, pemasaran, administrasi, keuangan, personalia, humas, keamanan, K3 serta penelitian dan pengembangan. Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan didukung oleh beberapa kepala bagian sebagai berikut:

a. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pemasaran adalah mengorganisir dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan pembelian bahan baku dan pemasaran produk perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Pemasaran diberikan dukungan oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab atas pengaturan dan pengawasan seluruh kegiatan operasional perusahaan, termasuk pembukuan dan pengelolaan gaji

karyawan. Dalam menjalankan tugas ini, Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Tugas Kepala Bagian Umum meliputi pengaturan dan pengawasan pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan personalia, humas, dan keamanan. Dalam menjalankan tugas ini, Kepala Bagian Umum dibantu oleh kepala seksi, termasuk seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Kepala Bagian K3 dan Litbang memiliki tanggung jawab dalam mengorganisir dan mengawasi kegiatan perusahaan yang terkait dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta penelitian dan pengembangan (Litbang). Dalam menjalankan tanggung jawab ini, Kepala Bagian K3 dan Litbang dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi K3 dan seksi Litbang.

4.4.3.4 Staff Ahli

Staf ahli memiliki tanggung jawab untuk memberikan kontribusi dalam bentuk masukan, rekomendasi, nasihat, dan sudut pandang mereka terhadap semua aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik Heksametylenatetramin dijadwalkan akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun secara terus-menerus selama 24 jam setiap harinya.

Hari-hari yang tersisa yang bukan hari libur akan digunakan untuk tujuan perbaikan, pemeliharaan, atau *shut down*. Berdasarkan sistem jadwal kerja, para karyawan diorganisir ke dalam dua kelompok:

1. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift*, yaitu mereka yang bekerja selama 5 hari dengan total 40 jam kerja setiap minggunya. Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar ditetapkan sebagai waktu libur. Karyawan *non-shift* tidak terlibat dalam proses produksi secara langsung. Mereka termasuk Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan, Kepala Bagian, serta staf yang berada di kantor. Rincian mengenai jam kerja karyawan *non-shift* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Non-Shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jumat	07.00 - 16.00	11.30 - 13.00

2. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merujuk kepada karyawan yang secara langsung terlibat dalam proses produksi atau mengelola bagian-bagian tertentu dalam perusahaan yang memiliki dampak terhadap keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Karyawan dalam kelompok *shift* ini termasuk operator produksi, bagian teknik, bagian gudang, dan bagian-bagian lain yang perlu bersiaga untuk menjaga

keselamatan dan kelancaran operasi pabrik. Jam kerja *shift* diatur dalam tiga *shift* berbeda selama satu hari, seperti yang dijelaskan berikut:

Tabel 4.4 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift I	07.00 - 15.00	11.00 - 12.00
Shift II	15.00 - 23.00	19.00 - 20.00
Shift III	23.00 -07.00	03.00 - 04.00

Pengaturan kerja *shift* melibatkan empat regu (A/B/C/D), di mana dalam setiap hari kerja, hanya tiga dari empat regu yang aktif sedangkan satu regu lainnya libur. Pada hari besar yang telah ditentukan oleh pemerintah, regu yang sedang bertugas diwajibkan bekerja, namun akan dihitung sebagai lembur dan akan mendapatkan intensif tambahan. Untuk mengawasi dan mengkoordinasi setiap regu *shift*, masing-masing regu mempunyai seorang kepala *shift* yang bertanggung jawab. Berikut ini adalah jadwal kerja untuk masing-masing regu *shift*:

Tabel 4.5 Jadwal Kerja Regu *Shift*

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L
B	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I
C	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II
D	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III

Tabel 4.6 Jadwal Kerja Regu *Shift* (lanjutan)

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L
C	II	III	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I
D	III	L	L	I	I	II	II	III	III	L	L	I	I	II	II

Keterangan:

1,2,3 dst... = Hari ke-

A,B,C dan D = Regu kerja

I,II dan III = *Shift* ke-

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah karyawan disesuaikan dengan kebutuhan agar tugas dapat dilaksanakan secara efisien. Pemberian gaji kepada karyawan dilakukan pada tanggal satu setiap bulan. Jika tanggal tersebut jatuh pada hari libur, pemberian upah akan diberikan satu hari sebelumnya. Tabel 4.7 memberikan perincian mengenai jumlah tenaga kerja dan mekanisme penggajiannya.

Tabel 4.7 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji / Bulan	Jumlah Gaji / Bulan
1	Direktur Utama	1	Rp45.000.000	Rp45.000.000
2	Staff Ahli	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
3	Sekretaris	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
5	Direktur Umum, Administrasi dan Keuangan	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
8	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
9	Kepala Bagian K3 dan Litbang	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
11	Kepala Bagian Teknik	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
12	Kepala Seksi Personalia	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
13	Kepala Seksi Humas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
14	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

Tabel 4.8 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji / Bulan	Jumlah Gaji / Bulan
15	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
16	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
17	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
18	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
19	Kepala Seksi K3	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
20	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
21	Kepala Seksi Proses	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
22	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
23	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
24	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
25	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
26	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
27	Kepala Seksi Mesin	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
28	Karyawan Personalia	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000

Tabel 4.9 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji / Bulan	Jumlah Gaji / Bulan
29	Karyawan Humas	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
30	Karyawan Keamanan	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
31	Karyawan Pembelian	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
32	Karyawan Pemasaran	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
33	Karyawan Administrasi	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
34	Karyawan Keuangan	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
35	Karyawan K3	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
36	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
37	Karyawan Proses	12	Rp8.000.000	Rp96.000.000
38	Karyawan Pengendalian	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
39	Karyawan Utilitas	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
40	Karyawan Laboratorium	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
41	Karyawan Instrumentasi & Listrik	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
42	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000

Tabel 4.10 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji / Bulan	Jumlah Gaji / Bulan
43	Karyawan Mesin	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
44	Operator Proses	12	Rp6.000.000	Rp72.000.000
45	Operator Utilitas	6	Rp6.000.000	Rp36.000.000
46	Dokter	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
47	Perawat	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
48	Satpam	6	Rp4.000.000	Rp24.000.000
49	Supir	6	Rp3.500.000	Rp21.000.000
50	<i>Cleaning Service</i>	6	Rp3.500.000	Rp21.000.000
Total		141	Rp656.000.000	Rp1.278.000.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut adalah sejumlah fasilitas dan hak yang diberikan oleh perusahaan kepada para karyawan guna mendukung kelancaran aktivitas kerja.

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Setiap karyawan di perusahaan berhak atas cuti tahunan sebanyak 12 hari dalam setahun. Apabila dalam kurun waktu satu tahun cuti tersebut tidak dimanfaatkan, maka hak cuti tersebut akan hangus dan tidak bisa dikumpulkan untuk tahun berikutnya.

b. Cuti Bersama

Setiap tahunnya, diberikan cuti bersama kepada seluruh karyawan dalam rangka merayakan Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

c. Cuti Kehamilan

Bagi perempuan yang akan melahirkan, diberikan hak cuti selama 3 bulan. Selama masa cuti ini, gaji akan tetap diterima dengan syarat bahwa jarak kelahiran antara anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan dengan jadwal *non-shift*, hari libur nasional dianggap sebagai hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan dengan jadwal *shift*, walaupun pada hari libur nasional mereka tetap harus masuk kerja dan akan dihitung sebagai jam kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja Lembur

Pelaksanaan kerja lembur memerlukan persetujuan kepala bagian jika ada tugas yang perlu segera diselesaikan.

4. Seragam Kerja

Untuk menjaga keseragaman, perusahaan menyediakan dua set seragam kerja bagi setiap karyawan setiap tahun. Di samping itu, masker juga disediakan sebagai langkah pengaman saat bekerja.

5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial merupakan perlindungan jiwa dan asuransi kecelakaan yang dirancang untuk memberi rasa aman pada karyawan selama menjalankan tugasnya.

6. Fasilitas Karyawan

Perusahaan menyediakan beberapa fasilitas seperti:

- a. Transportasi karyawan disediakan dalam bentuk layanan bus.
- b. Klinik internal yang dioperasikan oleh dokter dan perawat.
- c. Ruang ibadah yang lengkap dengan pasokan air dan listrik.
- d. Koperasi karyawan.
- e. Kantin.
- f. Penghargaan berupa hadiah yang diberikan kepada karyawan yang telah bekerja secara berkesinambungan selama 10 tahun.

BAB V UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang proses utama maupun sarana lain dalam pabrik. Unit utilitas pada pabrik ini terbagi atas beberapa unit sebagai berikut :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water Treatment System*)
2. Unit pembangkit steam (*Steam Generation System*)
3. Unit pembangkit listrik (*Power Plant System*)
4. Unit penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah

5. 1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1. Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air industri dapat dipenuhi dengan memanfaatkan air sungai maupun laut sebagai sumber air baku yang diolah menjadi air bersih. Sistem pengolahan disesuaikan dengan kondisi dan kandungan dari air baku. Pengolahan air baku dilakukan untuk menghindari *fouling* pada alat-alat pemanas dan sterilisasi untuk konsumsi. Pada pabrik ini, air yang digunakan berasal dari sungai sehingga mengandung pengotor dari zat yang terlarut maupun yang tidak terlarut, proses pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia. Adapun beberapa pertimbangan dipilihnya sungai Musi sebagai sumber air baku dari pabrik Heksametilenatetramin adalah:

- Sungai Musi memiliki jarak yang relatif dekat dengan lokasi pendirian pabrik, sehingga pemanfaatan air lebih mudah.
- Kandungan dalam air sungai membutuhkan pengolahan yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan air laut, sehingga proses pengolahan akan lebih murah.
- Air sungai cenderung memiliki kontinuitas yang tinggi, sehingga pemenuhan air terjamin.

Proses pengolahan air baku pada pabrik ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan beberapa proses dan unit, diantaranya:

a. Air Domestik

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, kebutuhan air setiap orang di Indonesia sejumlah 70-144 liter per hari.

Rincian kebutuhan air dalam pabrik meliputi:

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan	=	141	orang
Kebutuhan air setiap karyawan	=	100	kg/hari
Total kebutuhan air karyawan	=	14.100	kg/hari
	=	587,5	kg/jam

- Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah	=	30	unit
Jumlah orang setiap rumah	=	4	orang

Kebutuhan air setiap orang = 100 kg/hari

Total kebutuhan air perumahan = 1.200 kg/hari

= 500 kg/jam

Total kebutuhan air disajikan pada Tabel 5.1 sebagai berikut

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Karyawan	587,5
2	Perumahan Karyawan	500
Total		1.087,5

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air layanan umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di area pabrik dan fasilitas umum seperti, bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, musholla, dan taman. Rincian kebutuhan air untuk *service water* meliputi:

- Bengkel = 150 kg/hari

= 6,25 kg/hari

- Poliklinik = 300 kg/hari

= 12,5 kg/jam

- Laboratorium = 500 kg/hari

- = 20,83 kg/jam
- Pemadam kebakaran = 1.500 kg/hari
= 62,5 kg/jam
- Kantin, mushola, dan taman = 2.500 kg/hari
= 104,17 kg/jam

Total kebutuhan air disajikan dalam Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan *Service Water*

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Bengkel	6,25
2.	Poliklinik	12,5
3	Laboratorium	20,8
4	Pemadam Kebakaran	62,5
5	Kantin, Musholla, Taman	104
	Total	206

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

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kebutuhan Air *Steam*

No	Nama alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	HE-01	69,91
2.	HE-02	64,47
3	HE-03	358,42
5	EV-01	1.567,45
6	E-01	3.963,05
7	E-01	6.100,92
Total		12.124,22

Dibutuhkan *saturated steam* dengan kondisi:

$$P = 120,3 \text{ kPa}$$

$$T = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan *steam* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam} &= 20\% \times 12.124,22 \\ &= 14.549,06 \end{aligned}$$

- *Blow down*

$$= 15\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 15\% \times 14.549,06$$

$$= 2.182,36 \text{ kg/jam}$$

- *Steam trap*

$$= 5\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 5\% \times 14.549,06$$

$$= 727,45 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah *make-up* steam adalah:

$$= \text{Blow down} + \text{Steam trap}$$

$$= 2.182,36 + 727,45$$

$$= 2.909,81 \text{ kg/jam}$$

d. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin berperan dalam menjadi media pendingin pada proses produksi. Kebutuhan air pendinginan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	R-01	192,71
2.	R-02	35,07
3	CN-01	89,31
Total		317,99

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin (Wc)} &= 20\% \times 317,10 \\ &= 380,51 \end{aligned}$$

- Jumlah air yang menguap (W_e)

$$= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out})$$

$$= 0,00085 \times 380,51 \times (318,15 - 303,15) \text{ K}$$

$$= 4,85 \text{ kg/jam}$$

- *Drift loss* (W_d)

$$= 0,0002 \times W_c$$

$$= 0,076 \text{ kg/jam}$$

- *Blowdown (Wb)*

$$W_b = \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{(\text{cycle} - 1)}$$

Cycle yang dipilih : 3 kali

$$W_b = \frac{4,85 - (3 - 1)0,076}{(3 - 1)}$$

$$W_b = 2,42 \text{ kg/jam}$$

Sehingga jumlah make-up water adalah:

$$W_m = W_c + W_d + W_b$$

$$= 4,85 + 0,076 + 2,42$$

$$= 7,35 \text{ kg/jam}$$

e. *Air Proses (Process Water)*

Air proses digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area produksi.

Pada pabrik Heksametilenatetramin, air (H₂O) dimanfaatkan pada proses dalam absorber, dengan kebutuhan sejumlah 1347,31 kg/jam. Sehingga total kebutuhan sejumlah 1347,31 kg/jam.

Total kebutuhan air pada pabrik Heksametilenatetramin yaitu:

Tabel 5.5 Total Kebutuhan Air

No	Nama alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	<i>Domestic Water</i>	1087,5
2	<i>Service Water</i>	206,25
3	Air Pendingin	387,87
4	Air Umpan Boiler	17.458,87
5	<i>Process Water</i>	1.347,31
Total		20.487,79

5.1.2. Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air bertujuan memproses air sehingga dapat digunakan dengan aman dalam menunjang proses produksi maupun kebutuhan lain di area pabrik. Air baku dari Sungai Musi diolah secara fisik dan kimia. Beberapa tahapan dalam pengolahan air baku adalah sebagai berikut:

a. Penghisapan

Penghisapan dilakukan untuk mengambil air dari sumber menggunakan pompa. Selanjutnya air dialirkan menuju proses penyaringan.

b. Penyaringan (*Screening*)

Air baku mengandung pengotor yang tidak terlarut dan dapat dipisahkan secara fisik, seperti ranting, daun, dan sampah. Untuk ukuran pengotor yang lolos *screening* akan diolah pada proses selanjutnya.

c. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Pada proses sedimentasi, padatan/kotoran akan dibiarkan mengendap dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pengotor seperti pasir dan lumpur yang terbawa air akan dipisahkan pada tahap pengendapan.

d. Bak Penggumpal

Proses koagulasi/penggumpalan dapat terjadi dengan menambahkan koagulan ke dalam air sehingga partikel pengotor akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan merupakan jenis tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

e. Bak Pengendap I dan II

Setelah melewati proses penggumpalan, zat pengotor akan membentuk flok-flok yang kemudian saling bergabung dan ukurannya menjadi semakin besar (flokulasi) sehingga mudah mengendap. Pada proses flokulasi, ditambahkan kapur guna menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat sifat basa sehingga mempermudah proses penggumpalan. Penambahan *soda caustic* (NaOH) diberikan untuk menjaga pH dalam rentang 6,5 - 7,5 sehingga proses flokulasi lebih efektif.

f. *Sand Filter*

Setelah melewati proses koagulasi dan flokulasi, air baku dialirkan menuju *sand filter* melalui bagian atas dan ke bawah. Air baku akan berkontak dengan media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Air baku keluaran dari proses ini memiliki kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH 6,5 - 7,5. Selanjutnya air ditampung dalam tangki penampungan sementara.

g. Tangki Penampungan Air Bersih

Air baku yang telah melalui proses penyaringan dalam *sand filter*, selanjutnya ditampung di dalam tangki penampungan sementara sebagai air bersih. Air ini disalurkan dan diolah lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai pemenuh kebutuhan air domestik (*domestic water*), air layanan (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boiler feed water*), dan air proses (*process water*).

h. Klorinasi

Proses klorinasi diperlukan untuk membunuh bakteri, kuman, jamur, serta mikroorganisme lainnya sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Air yang telah melalui proses klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih

i. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Air panas diolah menjadi air dingin dengan menggunakan udara sebagai pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* pada 45°C yang dialirkan ke atas *cooling tower*. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan mengalir melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses, akan terjadi pelepasan panas laten yang mengakibatkan sebagian air menguap. Sehingga diperlukan *make-up water* sebagai pengganti dari penguapan. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi akan sama

jumlahnya dengan *make-up* water yang masuk, sehingga perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu keluaran dari *cooling tower* akan turun menjadi 30°C.

j. Demineralisasi

Proses demineralisasi diperlukan untuk menghilangkan mineral-mineral terlarut dengan proses penukaran ion, sehingga air tidak menyebabkan *fouling* pada *boiler* saat proses pembentukan *steam water*. Proses demineralisasi terjadi pada alat-alat berikut:

1. Kation Exchanger

Kation *exchanger* berperan dalam melunakkan air dengan membebaskan mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan lainnya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam jangka waktu tertentu, penggantian kation resin akan diperlukan dengan menambahkan asam klorida (HCl).

2. Anion Exchanger

Anion *exchanger* berfungsi mengikat ion-ion negatif dalam air, seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan

performa boiler dan alat proses lainnya. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini perlu diregenerasi dengan larutan NaOH.

3. Deaerator

Setelah melewati proses pertukaran kation dan anion, air dibersihkan dari gas seperti oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) menggunakan hidrazin (N_2H_4). Gas tersebut dapat menyebabkan korosi pada boiler. Dengan menambahkan hidrazin, oksigen dapat diikat melalui reaksi berikut:



5. 2 Unit Pembangkit Steam

Kebutuhan steam dicukupi melalui unit pembangkit steam dengan adanya ketel uap (*boiler*), dengan spesifikasi:

Kapasitas : 17.458,87 kg/jam

Jenis : *fire tube boiler*

Jumlah : 1

Boiler dilengkapi sistem pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis, seperti *economizer safety valve*. Sebelum digunakan sebagai umpan *boiler*, ditambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *feed* untuk mengatur kadar

silika, O₂, Ca, dan Mg. Selain itu, pH dipertahankan pada rentang 10,5-11,5. Nilai pH yang terlalu tinggi akan meningkatkan korosifitas air.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5. 3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik Heksametylenatetramin ini dipenuhi oleh PLN, namun dalam menanggulangi gangguan pasokan listrik dari PLN setempat, disediakan generator sebagai cadangan listrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berjalan secara kontinyu. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel, dimana solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas yang dikeluarkan ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Selanjutnya listrik didistribusikan ke panel kemudian dialirkan ke unit pemakai. Spesifikasi generator yang digunakan yaitu:

Kapasitas : 300 kW

Jenis : *AC Generator*

Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik untuk pabrik Heksametylenatetramin:

a. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Reaktor	R-01	1	745,7
	R-02	2	1.491,4
<i>Centrifuge</i>	CF-01	6	4.474,2
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	40	29.828
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	0,05	37,29
	SC-02	0,05	37,29
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	0,75	559,28
<i>Fan</i>	F-01	0,05	37,29
<i>Blower</i>	B-01	3	2.237,1
Pompa	P-01	0.125	93,21
	P-02	0,083	62,14
	P-03	0,083	62,14
	P-04	0,083	62,14
	P-05	0,083	62,14
	P-06	0,125	93,21
Total		33,48	24.968,52

Power yang dibutuhkan = 24,87 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Cooling Tower	CT-01	0,05	37,29
	CT-02	0,25	186,43
Kompressor	CPU-01	4	2.982,8
Pompa	PU-01	0,75	186,43
	PU-02	0,75	186,43
	PU-03	0,75	186,43
	PU-04	0,05	37,29
	PU-05	0,75	186,43
	PU-06	1,25	186,43
	PU-07	0,33	93,21
	PU-08	0,50	93,21
	PU-09	0,05	37,29
	PU-10	0,05	37,289
	PU-11	0,13	93,21
	PU-12	0,05	37,29
	PU-13	0,05	37,29
	PU-14	0,05	37,29
	PU-15	0,05	37,29
	PU-16	0,05	37,29

Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-17	0,05	37,29
	PU-18	0,75	186,43
	PU-19	0,25	186,43
	PU-20	0,75	248,57
	PU-21	0,25	186,43
	PU-22	0,25	186,43
	PU-23	0,25	186,43
	PU-24	0,25	186,43
Total		12,7	9.476,60

Power yang dibutuhkan = 9,47 kW

Kebutuhan motor penggerak total = 34,45 kW

c. Kebutuhan Listrik Alat Penunjang

Jumlah kebutuhan listrik alat penunjang dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Kebutuhan Listrik untuk Alat Penunjang

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	a. Listrik AC	15
	b. Listrik Penerangan	100
2	Laboratorium dan Bengkel	30
3	Instrumentasi	20
Total		165

Sehingga total kebutuhan listrik pada pabrik Heksametilenetetramin:

Tabel 5.10 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Keperluan <i>Plant</i>	
	a. Proses	24,97
	b. Utilitas	9,47
2	a. Listrik AC	15
	b. Listrik Penerangan	100
3	Laboratorium dan Bengkel	30
4	Instrumentasi	20
Total		199,45

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka total kebutuhan listrik menjadi 20% dari rancangan, sehingga total kebutuhan listrik sebesar 239,33 kW.

5. 4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen *kontrol* secara pneumatis. Tekanan udara yang digunakan adalah 5,5 bar. Pada pabrik ini digunakan 21 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Udara dilewatkan kompresor hingga tekanannya mencapai 5,5 bar dan kemudian dialirkan menuju alat kontrol yang membutuhkan. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara berisi gel silika. Total kebutuhan udara tekan yaitu 39,25 m³/jam.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini digunakan untuk menyediakan bahan bakar berupa solar yang akan digunakan pada *boiler* dan generator. Kebutuhan bahan bakar pada *boiler* sejumlah 1.411,16 L/jam dan pada generator sejumlah 36 L/jam.

- a. Menentukan Kebutuhan Bahan Bakar *Boiler*

$$Wm = \frac{Q}{\eta \cdot F} \quad (5.7)$$

Dimana,

Wm = Massa bahan bakar

Q = Kalor pemanasan

η = Efisiensi pembakaran

F = *Heat value*

Dari persamaan 5.7 dihitung massa bahan bakar dengan diketahui kalor pembentukan steam sejumlah 44.296.789,22 kJ/jam, efisiensi pembakaran 80% dan *heat value* solar 10,76 cal/g (Ronaldo, 2012).

$$Wm = \frac{41.985.090,16 \text{ Btu/jam}}{0,8 \cdot 19.676 \text{ Btu/lb}}$$

$$Wm = 2.667,28 \text{ lb/jam}$$

Dari Spesifikasi Solar Pertamina, didapat nilai densitas solar (ρ) 815

kg/m^3 , volume solar (V) adalah:

$$V = \frac{Wm}{\rho} \quad (5.8)$$

$$V = \frac{1.209,86 \text{ kg/jam}}{815 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 1,41 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 1.411,16 \text{ L/jam}$$

b. Menentukan Kebutuhan Bahan Bakar Generator

Menggunakan persamaan 5.7 dihitung massa bahan bakar yang dibutuhkan untuk keperluan generator dengan kapasitas 300 kW dan efisiensi 80%

$$Wm = \frac{1.023.642 \text{ Btu/jam}}{0,8 \cdot 19.676 \text{ Btu/lb}}$$

$$Wm = 65,03 \text{ lb/jam}$$

Dari persamaan 5.8 didapatkan volume solar yang digunakan:

$$V = \frac{29,49 \text{ kg/jam}}{815 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0,036 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 36 \text{ L/jam}$$

5. 6 Unit Penyedia *Dowtherm*

Unit ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan fluida pendingin pada *cooler* 1 (CL-01). *Dowtherm* A terdiri dari difenil oksida ($C_{12}H_{10}O$) dan bifenil ($C_{12}H_{10}$), dipilih karena memiliki aplikasi penggunaan pada rentang 15-400°C sehingga proses pendinginan dapat berjalan secara maksimal. Jumlah *dowtherm* yang disediakan sebanyak 276.571,87 kg/jam.

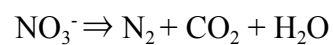
5. 7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses pabrik ini berupa limbah cair yang berasal dari evaporator dan utilitas. Limbah tersebut diolah sebelum dibuang ke lingkungan, sehingga memenuhi baku mutu lingkungan. Limbah cair dari evaporator mengandung CH_2O , NH_3 , H_2O dan CH_3OH yang akan diolah hingga konsentrasi minimum amonia 2 ppm, formaldehida 0,3 ppm, dan metanol 200

ppm sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) pada Permenaker RI No. 5 Tahun 2018. Amonia diolah melalui nitrifikasi dengan nitrasi dan denitrifikasi menggunakan bakteri *Nitrobacter* dan *Pseudomonas*. Nitrasi merupakan reaksi eksotermik dimana NH_4^+ diikat dengan oksigen melalui reaksi sebagai berikut:



Kemudian dilakukan denitrifikasi dengan reaksi sebagai berikut:



Limbah formaldehida dapat diolah dengan menambahkan kalium oksida konsentrasi 90% dengan rasio 0,2 : 1 pada suhu 70°C, selanjutnya limbah diproses melalui flokulasi (CN105481183A).

Sedangkan limbah air utilitas diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia dan pengontrolan pH), dan *biological treatment*. Diagram alir utilitas dapat diamati pada Gambar 5.

5. 8 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa						
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06	PU-07
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai ke <i>screening</i>	Mengalirkan air dari <i>screening</i> (SF-01) ke Bak Pengendapan Awal (BU-01)	Mengalirkan air dari BU-01 menuju Bak Penggumpal (BU-02)	Mengalirkan larutan alum 5 % dari Tangki Larutan Alum (TU-01) ke BU-02	Mengalirkan air dari BU-02 ke Bak Pengendap I (BU-03)	Mengalirkan air dari BU-03 ke Bak Pengendap II (BU-04)	Mengalirkan air dari BU-04 ke Sand Filter (FU-02)
Kondisi operasi							
Kapasitas (gpm)	105,83	105,83	105,83	$10,8 \times 10^{-6}$	105,83	105,83	105,83
Pump head (m)	4,32	3,51	4,12	3,15	3,15	6,43	1,71
Suhu fluida °C	30	30	30	30	30	30	30
Jenis Pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>						

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Efisiensi Pompa	65%	65%	65%	20%	65%	65%	65%
Daya motor (Hp)	0,75	0,75	0,75	0,05	0,75	1.25	0,33
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial steel</i>						

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa						
	Kode	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13
Fungsi	Mengalirkan air dari FU-02 ke Bak Penampung Sementara (BU-05)	Mengalirkan air dari BU-05 ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) ke Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari TU-02 ke Tangki Air Bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari TU-04 ke area domestik	Mengalirkan air dari Tangki Air Servis (TU-05) ke area kebutuhan air service	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-06) ke <i>cooling tower</i> (CT-01)

Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Kondisi operasi							
Kapasitas (gpm)	105,83	5,62	$4,03 \times 10^{-5}$	5,62	5,62	1,07	2,00
Pump head (m)	2,57	2,23	1,84	4,46	2,05	1,45	3,90
Suhu fluida °C	30	30	30	30	30	30	30
Jenis Pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>						
Efisiensi Pompa	65%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Daya motor (Hp)	0,5	0,05	0,05	0,125	0,05	0,05	0,05
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial steel</i>						

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa							
Kode	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21	PU-22
Fungsi	Mengalirkan air dingin dari CT-01 ke <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin (BU-06)	Mengalirkan air dari Tangki penampung HCl (TU-07) menuju ke <i>mixed bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari tangki penampung NaOH (TU-09) menuju ke MB-01	Mengalirkan air dari kation dan anion <i>exchanger</i> ke Deaerator (DE-01)	Mengalirkan N ₂ H ₄ dari Tangki Larutan N ₂ H ₄ (TU-08) ke DE-01	Mengalirkan air dari DE-01 ke boiler (BO-01)	Mengalirkan air dari MB-01 ke Tangki Penampung Air Proses (TU-09)	Mengalirkan air dari TU-09 ke absorber 1 (ABS-01)
Kondisi operasi								
Kapasitas (gpm)	2,00	0,17	0,17	90,18	4,69 x 10 ⁻⁴	90,18	6,96	6,96
Pump head (m)	2,578	1,18	1,18	3,70	1,67	3,7	5,31	5,64
Suhu fluida °C	30	30	30	30	30	30	30	30
Jenis Pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>							

Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Efisiensi Pompa	20%	20%	20%	62%	20%	62%	20%	20%
Daya motor (Hp)	0,05	0,05	0,05	0,75	0,25	0,75	0,25	0,25
Jumlah	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial steel</i>							

Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Spesifikasi	Pompa	
Kode	PU-23	PU-24
Fungsi	Mengalirkan dowtherm dari Tangki Dowtherm (TU-10) menuju proses pendinginan	Mengalirkan dowtherm dari <i>Cooling Tower 2</i> (CT-02) menuju proses pendinginan
Kondisi Operasi		
Kapasitas (gpm)	6,95	6,95
Pump head (m)	5,92	5,92
Suhu fluida °C	20	20
Jenis Pompa	<i>Single stage centrifugal pump</i>	
Efisiensi Pompa	20%	20%
Daya motor (Hp)	0,25	0,25
Jumlah	1	1
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial steel</i>	

Tabel 5.18 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak Utilitas	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	Mengendapkan endapan/flok yang terbawa oleh air sungai dengan proses flokulasi	Mengendapkan endapan/flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (flokulasi ke-2)	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring dalam <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi	Bak silinder tegak	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dilapisi porselin	Beton bertulang
Panjang (m)	7,62	-	7,62	16,4	4,8	1,28
Lebar (m)	5,08	-	5,08	10,94	9,6	0,85
Tinggi (m)	2,54	3,15	2,54	5,47	1,6	0,43
Diameter (m)	-	3,15	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk dua minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam Tangki Klorinasi (TU-02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak berpengaduk	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Kapasitas (m ³)	0,7	1,31	0,0029	31,32	5,94
Tinggi (m)	1,63	1,18	0,15	3,42	1,96
Diameter (m)	0,81	1,18	0,15	3,42	1,96
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Menampung larutan HCl yang akan digunakan untuk regenerasi kation exchanger	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk regenerasi resin anion pada MB-01	Menyimpan larutan N_2H_4	Menampung air untuk unit proses	Menyimpan larutan dowtherm
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Kapasitas (m ³)	7,91	7,91	5,32	38,80	6.362,98
Tinggi (m)	2,16	2,16	1,89	3,67	4,64
Diameter (m)	2,16	2,16	1,89	3,67	13,92
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.21 Spesifikasi Penyaring

Alat	<i>Screener</i> (FU-01)	<i>Sand Filter</i> (FU-02)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya	Menyaring partikel-partikel halus terkandung dalam air sungai
Jenis	Aluminium	Pasir saring 28 <i>mesh</i>
Kapasitas (m ³)	98,34	2,44
Panjang (m)	7,62	2,22
Lebar (m)	5,08	1,48
Tinggi (m)	2,54	0,74
Jumlah	1	1

Tabel 5.22 Spesifikasi *Cooling Tower*

Alat	Cooling Tower (CT-01)	Cooling Tower (CT-02)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan	Mendinginkan dowtherm setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Panjang (m)	0,28	0,57
Lebar (m)	0,28	0,57
Tinggi (m)	0,79	0,72
Jumlah	1	1

Tabel 5.23 Spesifikasi *Mixed Bed*

Alat	<i>Mixed Bed</i> (MB-01)
Fungsi	Menurunkan kesadahan air umpan boiler yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg dan anion-anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Tangki silinder tegak
Resin	Zeolite
Diameter tangki (m)	1,56
Tinggi tangki (m)	0,91
Volume <i>bed</i> (m ³)	1,47
Tebal (in)	0,19
Jumlah	1

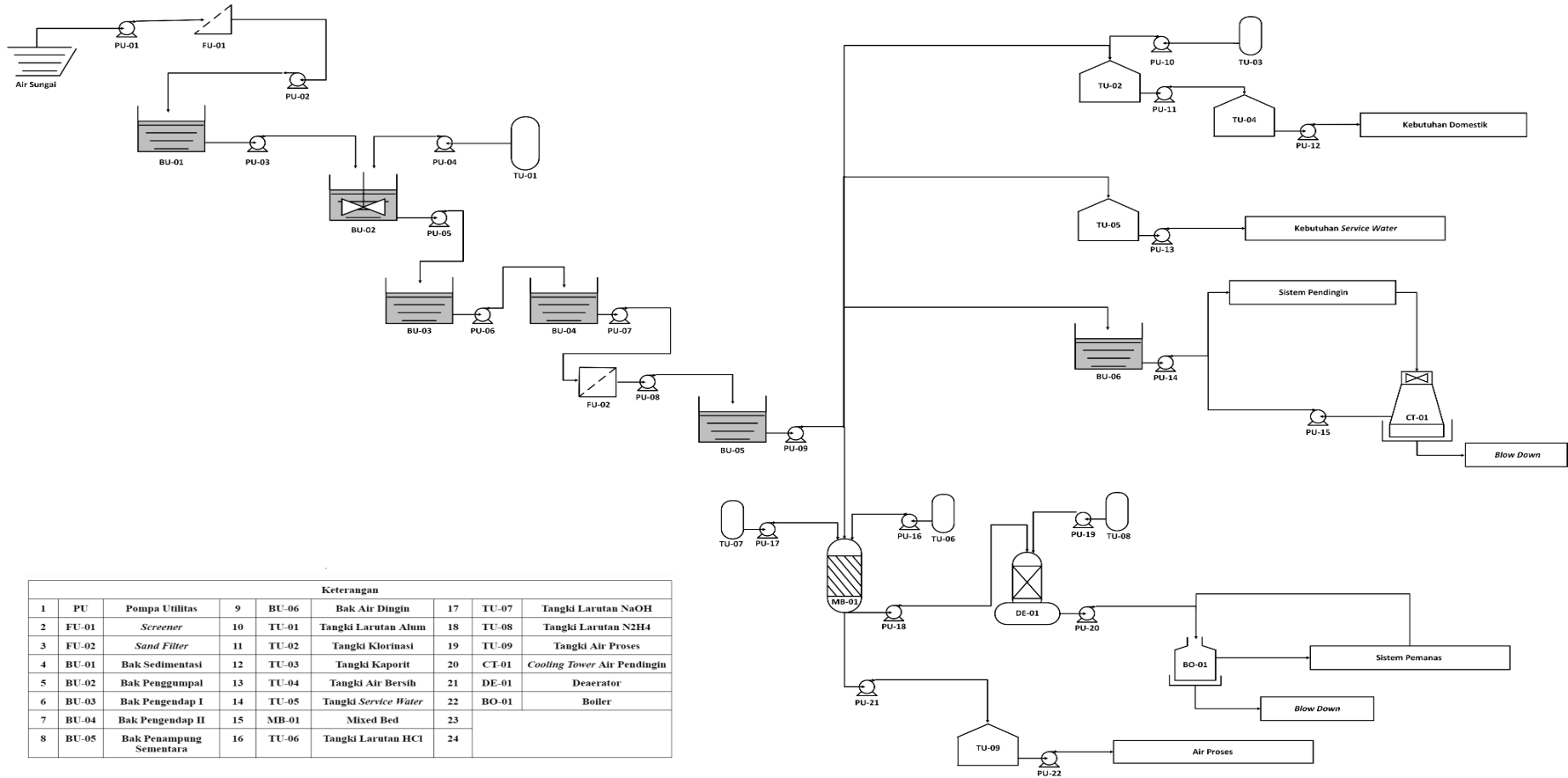
Tabel 5.24 Spesifikasi *Deaerator*

Alat	<i>Deaerator</i> (DE-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terkandung dalam <i>feed water</i> yang dapat menyebabkan korosi pada Boiler (BO-01)
Jenis	Tangki silinder tegak
Diameter (m)	2,99
Tinggi (m)	2,99
Volume (m ³)	20,95
Jumlah	1

Tabel 5.25 Spesifikasi *Blower* pada *Cooling Tower* Utilitas

Alat	<i>Blower Cooling Tower</i> (BLU-01)	<i>Blower Cooling Tower</i> (BLU-02)
Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i> 1	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i> 2
Kapasitas (m ³ /jam)	332,61	1411,71
Efisiensi	80%	80%
Power (Hp)	0,05	0,25
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>	
Jumlah	1	1

DIAGRAM ALIR UNIT UTILITAS



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

BAB VI EVALUASI EKONOMI

Untuk menentukan apakah pendirian pabrik akan menghasilkan keuntungan dan apakah ekonomis untuk dilaksanakan, diperlukan proses evaluasi ekonomi. Salah satu aspek penting dalam perencanaan pabrik ini adalah perkiraan biaya peralatan yang akan digunakan dalam operasional pabrik. Harga-harga ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan estimasi evaluasi ekonomi terkait dengan layak tidaknya melakukan investasi modal dalam kegiatan produksi pabrik. Evaluasi ini melibatkan pertimbangan tentang kapan modal investasi akan dapat kembali tercapai dan titik impas dalam kegiatan produksi.

Dalam perancangan pabrik Heksametenatetramin ini, terdapat beberapa faktor yang diperhitungkan dalam menghitung evaluasi ekonomi, termasuk:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Investasi modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Investasi modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap produksi (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisis Kelayakan Ekonomi
 - a. *Percent return on investment* (ROI)
 - b. *Pay out time* (POT)
 - c. *Break event point* (BEP)

- d. *Shut down point* (SDP)
- e. *Discounted cash flow* (DCF)

6.1 Perkiraan Harga Alat

Harga peralatan proses dipengaruhi oleh situasi ekonomi yang tengah berlangsung. Harga peralatan dapat bervariasi setiap tahunnya, dimana kenaikan atau penurunan harga bergantung pada kondisi ekonomi yang berlaku. Untuk memperkirakan harga peralatan, dapat dilakukan dengan memahami indeks harga peralatan operasional pada tahun tertentu.

Analisis harga peralatan dilakukan pada tahun 2023 sebagai dasar untuk pembelian peralatan pada tahun perancangan, yaitu 2028. Dalam analisis ekonomi, harga-harga peralatan serta komponen penting pabrik lainnya diperhitungkan pada tahun analisis tersebut. Berikut ini adalah indeks harga yang dikenal dalam bidang teknik kimia sebagai *Chemical Engineering Plant Cost Index* (chemengonline.com).

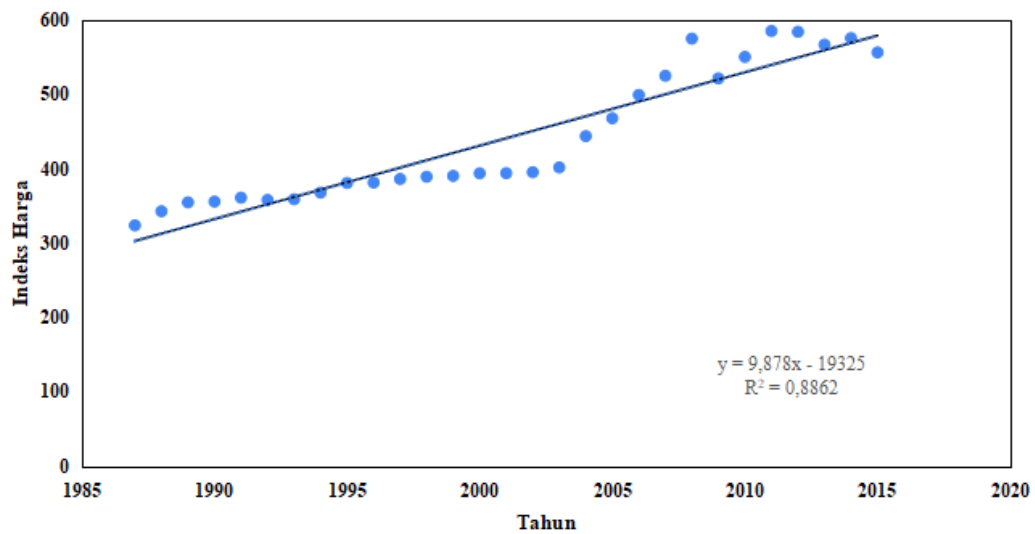
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2015

No	Tahun	Indeks
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2

Tabel 6.2 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2015 (Lanjutan)

No	Tahun	Indeks
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8

Dalam analisis ini, digunakan data indeks harga dari tahun 1987 hingga tahun 2015, kemudian dianalisis melalui persamaan regresi linear. Grafik yang menggambarkan korelasi antara tahun dan indeks harga ditampilkan dalam Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Hubungan Tahun dan Indeks Harga

Berdasarkan Gambar 6.1 diperoleh persamaan regresi linear $y = 9,878x - 19325$. Dengan menggunakan persamaan tersebut, didapatkan nilai CEPCI pada tahun 2014, yaitu 576,10. Sedangkan nilai CEPCI pada tahun 2018, yaitu 707,584.

Untuk memproyeksikan harga peralatan, terdapat dua metode pendekatan yang dapat digunakan. Harga peralatan pada tahun pendirian pabrik dapat dihitung berdasarkan nilai harga pada tahun referensi yang dikalikan dengan rasio indeks harga yang relevan (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun x

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi y

Nx : Indeks harga pada tahun x

Ny : Indeks harga pada tahun referensi y

Tabel 6.3 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
1	Tangki Formaldehida	T-02	1	576,10	707,58	\$312.300	\$383.577
2	Silo Heksamin	S-01	1	576,10	707,58	\$270.400	\$270.400
3	Absorber	A-01	1	576,10	707,58	\$13.700	\$16.827
4	Reaktor 1	R-01	1	576,10	707,58	\$44.500	\$54.656
5	Reaktor 2	R-02	1	576,10	707,58	\$44.500	\$54.656
6	Evaporator 1	EV-01	1	576,10	707,58	\$260.500	\$319.954
7	Evaporator 2	EV-02	1	576,10	707,58	\$260.500	\$319.954
8	Centrifuge	CF-01	1	576,10	707,58	\$28.500	\$35.005
9	<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	1	576,10	707,58	\$125.100	\$153.652
10	<i>Fan</i>	F-01	2	576,10	707,58	\$300	\$737
11	<i>Blower</i>	BL-01	2	576,10	707,58	\$16.800	\$41.269
12	<i>Screw Conveyor 1</i>	SC-01	2	576,10	707,58	\$1.200	\$2.948

Tabel 6.4 Harga Alat Proses (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
13	<i>Screw Conveyor 2</i>	SC-02	2	576,10	707,58	\$1.200	\$2.948
14	<i>Bucket Elevator</i>	BC-01	2	576,10	707,58	\$10.800	\$26.530
15	Pompa 1	P-01	2	576,10	707,58	\$9.600	\$23.582
16	Pompa 2	P-02	2	576,10	707,58	\$8.800	\$21.617
17	Pompa 3	P-03	2	576,10	707,58	\$11.000	\$27.021
18	Pompa 4	P-04	2	576,10	707,58	\$10.900	\$26.775
19	Pompa 5	P-05	2	576,10	707,58	\$10.900	\$26.775
20	Pompa 6	P-06	2	576,10	707,58	\$9.600	\$23.582
21	<i>Heater 1</i>	HE-01	1	576,10	707,58	\$2.200	\$2.702
22	<i>Heater 2</i>	HE-02	1	576,10	707,58	\$2.000	\$2.456
23	<i>Heater 3</i>	HE-03	1	576,10	707,58	\$40.900	\$50.235
24	<i>Cooler</i>	CL-01	1	576,10	707,58	\$3.600	\$4.422
25	<i>Condensor</i>	CN-01	1	576,10	707,58	\$2.500	\$3.071

Tabel 6.5 Harga Alat Proses (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
26	<i>Ejector-01</i>	E-01	1	576,10	707,58	\$4.900	\$6.018
27	<i>Ejector-02</i>	E-02	1	576,10	707,58	\$4.900	\$6.018
Total			38				\$1.907.387

Tabel 6.6 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
1	Pompa Utilitas 1	PU-01	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
2	Pompa Utilitas 2	PU-02	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
3	Pompa Utilitas 3	PU-03	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
4	Pompa Utilitas 4	PU-04	2	576,10	707,58	\$3.700	\$9.089
5	Pompa Utilitas 5	PU-05	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795

Tabel 6.7 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
6	Pompa Utilitas 6	PU-06	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
7	Pompa Utilitas 7	PU-07	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
8	Pompa Utilitas 8	PU-08	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
9	Pompa Utilitas 9	PU-09	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
10	Pompa Utilitas 10	PU-10	2	576,10	707,58	\$3.700	\$9.089
11	Pompa Utilitas 11	PU-11	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
12	Pompa Utilitas 12	PU-12	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
13	Pompa Utilitas 13	PU-13	2	576,10	707,58	\$5.800	\$14.247
14	Pompa Utilitas 14	PU-14	2	576,10	707,58	\$5.800	\$14.247
15	Pompa Utilitas 15	PU-15	2	576,10	707,58	\$5.800	\$14.247
16	Pompa Utilitas 16	PU-16	2	576,10	707,58	\$4.500	\$11.054
17	Pompa Utilitas 17	PU-17	2	576,10	707,58	\$4.500	\$11.054
18	Pompa Utilitas 18	PU-18	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795

Tabel 6.8 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
19	Pompa Utilitas 19	PU-19	2	576,10	707,58	\$3.700	\$9.089
20	Pompa Utilitas 20	PU-20	2	576,10	707,58	\$16.200	\$39.795
21	Pompa Utilitas 21	PU-21	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
22	Pompa Utilitas 22	PU-22	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
23	Pompa Utilitas 23	PU-23	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
24	Pompa Utilitas 24	PU-24	2	576,10	707,58	\$7.700	\$18.915
25	<i>Screener</i>	FU-01	1	576,10	707,58	\$29.700	\$36.478
26	<i>Sand Filter</i>	FU-02	1	576,10	707,58	\$139.100	\$170.847
27	Bak Sedimentasi (Reservoir)	BU-01	1	576,10	707,58	\$119.100	\$146.282
28	Bak Penggumpalan	BU-02	1	576,10	707,58	\$73.800	\$90.643
29	Bak Pengendapan 1	BU-03	1	576,10	707,58	\$119.100	\$146.282
30	Bak Pengendapan 2	BU-04	1	576,10	707,58	\$256.100	\$314.550
31	Bak Penampung Sementara	BU-05	1	576,10	707,58	\$224.500	\$275.738

Tabel 6.9 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
32	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,10	707,58	\$19.900	\$24.442
33	Tangki Larutan Alum	TU-01	1	576,10	707,58	\$2.700	\$3.316
34	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,10	707,58	\$2.300	\$2.825
35	Tangki Kaporit	TU-03	1	576,10	707,58	\$100	\$123
36	Tangki Air Bersih	TU-04	1	576,10	707,58	\$18.900	\$23.214
37	Tangki <i>Service Water</i>	TU-05	1	576,10	707,58	\$6.400	\$7.861
38	Tangki Larutan HCL	TU-06	1	576,10	707,58	\$2.300	\$2.825
39	Tangki Larutan NaOH	TU-07	1	576,10	707,58	\$9.500	\$11.668
40	Tangki Larutan N ₂ H ₄	TU-08	1	576,10	707,58	\$7.600	\$9.335
41	Tangki Air Proses	TU-09	1	576,10	707,58	\$21.700	\$26.653
42	Tangki <i>Downterm</i>	TU-10	1	576,10	707,58	\$596.800	\$733.008
43	Tangki Bahan Bakar Boiler	TU-11	1	576,10	707,58	\$45.600	\$56.007
44	Tangki Bahan Bakar Generator	TU-12	1	576,10	707,58	\$6.500	\$7.984

Tabel 6.10 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2028	2014	2028
45	<i>Mixed Bed</i>	MB-01	1	576,10	707,58	\$88.500	\$108.698
46	<i>Cooling Tower 1</i>	CT-01	1	576,10	707,58	\$6.400	\$7.861
47	<i>Cooling Tower 2</i>	CT-02	1	576,10	707,58	\$16.900	\$20.757
48	<i>Blower Cooling Tower 1</i>	BLU-01	2	576,10	707,58	\$3.100	\$7.615
49	<i>Blower Cooling Tower 2</i>	BLU-02	2	576,10	707,58	\$5.800	\$14.247
50	Deaerator	DE-01	1	576,10	707,58	\$6.100	\$7.492
51	Kompresor	CPU-01	1	576,10	707,58	\$5.000	\$6.141
52	Boiler	BO-01	1	576,10	707,58	\$212.500	\$260.999
Total			78				\$3.106.565

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisa ekonomi pabrik Heksametilenatetramin adalah :

Kapasitas produksi	: 5.500 ton/tahun
Waktu operasi dalam setahun	: 330 hari
Umur alat	: 10 tahun
Tahun pabrik didirikan	: 2028
Nilai kurs mata uang	: 1 US\$ = Rp 15.321 (per 19 Agustus 2023)

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah total biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik (Peters and Timmerhaus, 2004) . *Capital investment* terdiri dari *Fixed Capital Investment* dan *Working Capital Investment*.

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6.11 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp76.818.754.848	\$5.013.952
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp19.204.688.712	\$1.253.488
3	<i>Instalasi Cost</i>	Rp11.965.525.111	\$780.989
4	Pemipaan	Rp17.779.811.367	\$1.160.486
5	Instrumentasi	Rp19.095.650.303	\$1.246.371
6	Insulasi	Rp2.853.853.595	\$186.271
7	Listrik	Rp7.681.875.485	\$501.395
8	Bangunan	Rp89.798.557.500	\$5.861.142
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp129.248.325.000	\$8.436.024
Physical Plant Cost (PPC)		Rp374.447.041.921	\$24.440.118

Tabel 6.12 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp74.889.408.384	\$4.888.024
Direct Plant Cost (DPC)		Rp449.336.450.305	\$29.328.141

Tabel 6.13 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	DPC	Rp449.336.450.305	\$29.328.141
2	Kontraktor	Rp17.973.458.012	\$1.173.126
3	Biaya tak terduga	Rp44.933.645.030	\$2.932.814
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp512.243.553.348	\$33.434.081

2. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Terdapat beberapa sumber pendanaan yang dapat diperoleh dalam proses pendirian pabrik, yang meliputi kemungkinan pinjaman dari lembaga perbankan, penggunaan dana pribadi, atau pemberian modal oleh investor.

Tabel 6.14 *Working Capital (WC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp18.495.584.225	\$1.207.205
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp20.268.907.764	\$1.322.949
3	<i>Product Inventory</i>	Rp40.537.815.529	\$2.645.899
4	<i>Extended Credit</i>	Rp62.500.000.000	\$4.079.368
5	<i>Available Cash</i>	Rp40.537.815.529	\$2.645.899
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp182.340.123.046	\$11.901.320

6.3.2 **Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)**

Manufacturing cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* terdiri dari dari *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost*.

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dengan operasional pabrik.

Tabel 6.15 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp203.451.426.476	\$13.279.252,43
2	<i>Labor</i>	Rp15.336.000.000	\$1.000.979,05
3	<i>Supervision</i>	Rp1.533.600.000	\$100.097,90
4	<i>Maintenance</i>	Rp10.244.871.067	\$668.681,62
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp1.536.730.660	\$100.302,24
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp6.875.000.000	\$448.730,50
7	<i>Utilities</i>	Rp94.469.680.675	\$6.166.025,76
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp333.447.308.878	\$21.764.070

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang tidak langsung berhubungan dengan operasional pabrik.

Tabel 6.16 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.300.400.000	\$150.147
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.533.600.000	\$100.098
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp7.668.000.000	\$500.490
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp34.375.000.000	\$2.243.653
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp45.877.000.000	\$2.994.387

3. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan *initial fixed capital investment*. Biaya ini akan dikeluarkan tanpa memandang apakah pabrik sedang beroperasi atau tidak. Oleh karena itu, biaya ini konstan sepanjang waktu dan tidak dipengaruhi oleh waktu atau tingkat produksi.

Tabel 6.17 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp51.224.355.335	\$3.343.408
2	<i>Property taxes</i>	Rp10.244.871.067	\$668.682
3	<i>Insurance</i>	Rp5.122.435.533	\$334.341
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp66.591.661.935	\$4.346.431

Tabel 6.18 *Manufacturing Cost (MC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp333.447.308.878	\$21.764.070
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp45.877.000.000	\$2.994.387
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp66.591.661.935	\$4.346.431
Manufacturing Cost (MC)		Rp445.915.970.814	\$29.104.887

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General expense merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

Tabel 6.19 *General Expense (GE)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp13.377.479.124	\$873.147
2	<i>Sales expense</i>	Rp89.183.194.163	\$5.820.977
3	<i>Research</i>	Rp35.673.277.665	\$2.328.391
4	<i>Finance</i>	Rp13.891.673.528	\$906.708
General Expense (GE)		Rp152.125.624.480	\$9.929.223

Tabel 6.20 *Total Production Cost (TPC)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp445.915.970.814	\$29.104.887
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp152.125.624.480	\$9.929.223
Total Production Cost (TPC)		Rp598.041.595.294	\$39.034.110

6.4 Analisa Keuntungan

6.4.1 Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp687.500.000.000

Total biaya produksi : Rp598.041.595.294

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp89.458.404.706

6.4.2 Keuntungan Sesudah Pajak

Menurut Pasal 17 ayat (1) bagian b UU Nomor 36 Tahun 2008 tentang PPh didapatkan besar pajak sejumlah 25%

Besar pajak : 25% x Rp89.458.404.706

: Rp22.364.601.177

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak - Besar pajak

: Rp67.093.803.530

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan untuk mengukur apakah laba yang dihasilkan signifikan dan mengklasifikasikan apakah pabrik bersifat potensial. Beberapa metode yang digunakan untuk analisa kelayakan adalah sebagai berikut:

6.5.1 Return on investment (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI sebelum pajak sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI sebelum pajak sebesar 44%.

$$\%ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\% \quad (6.2)$$

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI\ b = 17,46\%$$

2. ROI sesudah pajak (ROI a)

$$ROI\ a = 13,01\%$$

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimal adalah 5 tahun, sedangkan syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimal 2 tahun.

$$\%POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit} + \text{Depresiasi}} \times 100\% \quad (6.3)$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT\ b = 3,6 \text{ tahun}$$

2. POT sesudah pajak (POT a)

$$POT\ a = 4,3 \text{ tahun}$$

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik yang menunjukkan total biaya sama dengan total pendapatan. *Break even point* sering disebut sebagai titik impas sehingga tidak ada keuntungan atau kerugian. Dengan menemukan titik impas, kita dapat menentukan harga jual per unit serta jumlah minimal unit yang harus dijual agar mencapai titik impas. Nilai titik impas dalam pabrik kimia umumnya berkisar antara 40-60%. Pabrik akan untung jika beroperasi di atas BEP, dan akan rugi jika beroperasi di bawah BEP.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.21 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp51.224.355.335	\$3.343.408
2	<i>Property taxes</i>	Rp10.244.871.067	\$668.682
3	<i>Insurance</i>	Rp5.122.435.533	\$334.341
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp66.591.661.935	\$4.346.431

Tabel 6.22 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp15.336.000.000	\$1.000.979
2	<i>Plant overhead</i>	Rp7.668.000.000	\$500.490
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp2.300.400.000	\$150.147
4	<i>Supervision</i>	Rp1.533.600.000	\$100.098
5	<i>Laboratory</i>	Rp1.533.600.000	\$100.098
6	<i>Administration</i>	Rp13.377.479.124	\$873.147
7	<i>Finance</i>	Rp13.891.673.528	\$906.708
8	<i>Sales expense</i>	Rp89.183.194.163	\$5.820.977
9	<i>Research</i>	Rp35.673.277.665	\$2.328.391
10	<i>Maintenance</i>	Rp10.244.871.067	\$668.682
11	<i>Plant supplies</i>	Rp1.536.730.660	\$100.302
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		Rp192.278.826.207	\$12.550.018

Tabel 6.23 *Annual Variable Value (Va)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp203.451.426.476	\$13.279.252
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp34.375.000.000	\$2.243.653
3	<i>Utilities</i>	Rp94.469.680.675	\$6.166.026
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp6.875.000.000	\$448.731
Variable Cost (Va)		Rp339.171.107.151	\$22.137.661

Tabel 6.24 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Sales</i>	Rp687.500.000.000	\$44.873.050
Total		Rp687.500.000.000	\$44.873.050

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 6.14-6.17, maka diperoleh nilai BEP sebesar 58,14%.

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah tingkat produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Jika produksi turun pada titik ini, pertimbangan penghentian operasional harus dipertimbangkan

$$BEP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 6.14-6.17, maka diperoleh nilai SDP sebesar 26,99%.

6.5.5 *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow of return merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF\{(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i)^1\} + SV + WC \quad (6.6)$$

Dimana:

FC : *Fixed capital investment*

WC : *Working capital investment*

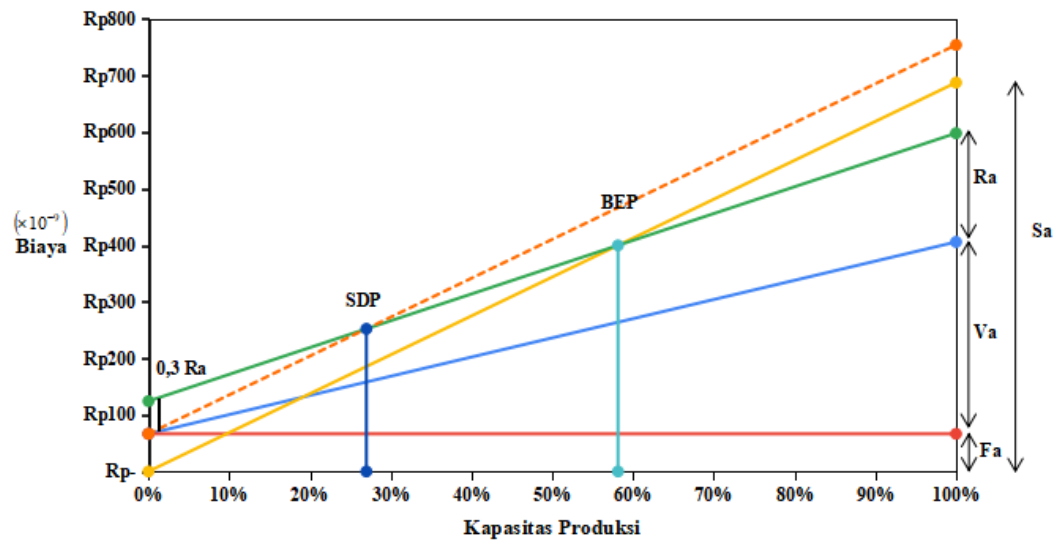
SV : *Salvage value* = Depresiasi

CF : *Cash flow* = Profit after taxes + Depresiasi + Finance

n : Umur pabrik 10 tahun

i : Nilai DCFR

Dengan *trial and error* dapat dihitung nilai DCFR sebesar 17,98% dan asumsi bunga bank pada tahun 2028 adalah 8,63%. Berdasarkan analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik Heksametylenetetramin melalui proses Alexander F. MacLen dengan kapasitas 5.500 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik Heksametylenetetramin berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah kawasan industri Kota Palembang, Sumatera Selatan dengan luas tanah keseluruhan 47.085 m² dan jumlah karyawan 141 orang.
2. Pabrik Heksametylenetetramin tergolong dalam pabrik dengan resiko rendah dimana kondisi operasi pada suhu 50°C, tekanan 1 atm, stabilitas bahan yang baik dan tidak mudah meledak.
3. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
 - a. Return On Investment (ROI)
 - ROI sebelum pajak : 17,46%
 - ROI setelah pajak : 13,01%Syarat ROI minimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 11%.
 - b. Pay Out Time (POT)
 - POT sebelum pajak : 3,6 tahun
 - POT setelah pajak : 4,3 tahun

Syarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.

c. Break Event Point (BEP) = 58,14%

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.

d. Shut Down Point (SDP) = 26,99%

Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.

e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) = 17,98%

Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik Heksametylenetetramin dari Amonia dan Formadehida melalui proses Alexander F. MacLen dengan kapasitas 5.500 ton/tahun layak dari aspek teknis maupun ekonomi dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk Heksametylenetetramin dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik, 2022. Ekspor dan Impor. Diakses pada 03 November 2022 dari, <https://www.bps.go.id/exim/>
- Brown, G G. 1977. Unit Operations. CBS, New Delhi.
- Brownell, L E. Young, E H. 1959. Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Commerce, 2022. Jinan Dragon Chemical Co., Ltd. Diakses pada 09 November 2022 dari, <http://www.commerce.com.tw/modules.php?modules=products&action=detail&ID=E0332886&no=264455>
- Coulson, J. M and Richardson, J.F. 1989. An introduction to chemical Engineering. Pergamon Press : Oxford.
- Daftar Perusahaan Indonesia, 2013. Kaltim Hexamindo Wiratama, PT. Industri Hexamine. Diakses pada 09 November 2022 dari, <https://daftarperusahaanindonesia.com/2013/06/kaltim-hexamindo-wiratama-pt-industri-hexamine/>
- Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah, 2022. Detail Industri. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://indagkop.kaltimprov.go.id/industri/104>

- Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah, 2022. Detail Industri. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://indagkop.kaltimprov.go.id/industri/194>
- Dreyfors, J.M., Jones, S.B. and Sayed, Y., 1989. Hexamethylenetetramine: a review. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 50(11), pp.579-585.
- European Patent Application 2009049A1 (December. 31, 2008), Miyazaki, Tatsuya, and Hyogo
- Faith, W.L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. 1957. Industrial Chemical. John Wiley and Sons
- Froment, G.F. and Bischoff, K.B., 1979. Chemical reactor analysis and design. New York: John Wiley & Sons.
- Geankoplis, C J. 1993. Transport Processes and Unit Operations Third Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey
- Gmdu, 2022. Jinan Xiangrui Chemical Co., Ltd. Diakses pada 09 November 2022 dari, <https://www.gmdu.net/corp-186789.html>
- Izron, R. (2012) 'Perbandingan Calorific value Beragam Bahan Bakar minyak Yang Dipasarkan di Indonesia Menggunakan Bomb Calorimeter', *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 22(4). doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v22i4.121.
- Kanoria Chemicals, 2022. Major Milestone. Diakses pada 09 November 2022 dari, <http://www.kanoriachem.com/about-us/major-milestones.html>
- Kent, J.A., 1992. Riegel's Handbook of Industrial Chemistry Ninth Edition. New York: Van Nostrand Reinhold.

- Kermode, R. I., 'Chemical reactor dynamics', Ph.D.Thesis, 1962 (Northwestern University, Evanston, III.).
- Kermode, R.I. and Stevens, W.F., 1965. Experimental verification of the mathematical model for a continuous stirred-tank reactor. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 43(2), pp.68-72.
- Kern, D.Q. 1983. Process Heat Transfer. Mc GrawHill Book Co.Inc., New York
- Kirillov, A.M., 2011. Hexamethylenetetramine: An old new building block for design of coordination polymers. *Coordination Chemistry Reviews*, 255(15-16), pp.1603-1622.
- Made in China, 2022. Hebei Yuhang Chemical Industry. Co., Ltd. Diakses pada 09 November 2022 dari,
<https://www.made-in-china.com/showroom/sherryzhao82657>
- Made in China, 2022. Jinan Leader Group Co., Ltd. Diakses pada 09 November 2022 dari, <https://www.made-in-china.com/showroom/jinandpt>
- Matche, 2023. Equipment cost. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2023 pukul 20.30 WIB
- McCabe, W L. Smith, J C. Harriot, P (1993). Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw-Hill. New York.
- Metrafrax Chemicals, 2022. Our History. Diakses pada 09 November 2022 dari,
<https://www.metafrax.ru/en/history/2000---2018-v-novom-veke>
- Mitsubishi Gas Chemical, 2022. Production Capacities for Main Products. Diakses pada 09 November 2022 dari,
<https://www.mgc.co.jp/eng/company/basic-chemicals/capacity.html>

- P3DN, 2022. Kapasitas Produksi Pamolite Adhesive Industry. Diakses pada 10 November 2022 dari,
http://tkdn.kemenperin.go.id/kapasitas.php?id=kalqIyQj5fYTrv96PDAvMI3HKM_hawiaVgcaMdAUbm0,&pub=PuWof_o9nUINBBU7L3RZKVmOM-YJ--m5LkXIzPEolvY,&nama=Rasf6y_GLhw-T8m4SIqvgFIUDUUZ4xr0gTMpEfSkwvEP9OZynRA8EnU7UGELJ_dAzyMKZOEV_6YUVOSeYx72gA
- Perry, R.H. and D. W. Green. 1997. Perry's Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4 th Ed., Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York.
- Petrokimia Gresik, 2022. Production Capacity. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://petrokimia-gresik.com/page/kapasitas-produksi?hl=en>
- PT Intanwijaya Internasional Tbk, 2022. Tentang Kami. Diakses pada 10 November 2022 dari, <http://intanwijaya.com/id/tentang-kami/>
- PT Pupuk Iskandar Muda, 2022. Profil Bisnis. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://www.pim.co.id/perusahaan>
- PT Pupuk Kujang, 2022. Proses & Kapasitas. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://www.pupuk-kujang.co.id/produksi/proses-kapasitas>
- PubChem, 2022. Methenamine. Diakses pada 27 November 2022 dari, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Pupuk Kaltim, 2022. Produk. Diakses pada 10 November 2022 dari, <https://www.pupukkaltim.com/page/products/id>

- Pupuk Sriwidjaja Palembang, 2022. Profil. Diakses pada 10 November 2022 dari,
<https://www.pusri.co.id/id/about/profile>
- Shina Chemical, 2022. Hexamine - Minimum 99.5 Percent. Diakses pada 09
November 2022 dari,
<https://www.sinachem.com/portfolio/hexamine-minimum-99-5-percent/>
- Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, Introduction to Chemical
Engineering Thermodynamics, 6 th Ed., Mc. Graw-Hill Inc., Singapore.
- Takeichi, T. and Furukawa, N. (2012) ‘Epoxy resins and phenol-formaldehyde
resins’, Polymer Science: A Comprehensive Reference, pp. 723–751.
doi:10.1016/b978-0-444-53349-4.00157-6.
- U.S. Pat. 0,468,353b (April. 1, 1954), Meissner, F., Schwiedessen, E., and
Othmer, D.F (to Polytechnic Institute).
- U.S. Pat. 1,640,826 (June. 2, 1953), Maclen, A.F., Robstown, and Stautzenberger,
A.L (to Celanese Corporation of America).
- Ulrich, G.D., 1984. A Guide To Chemical Engineering Process Design And
Economics. New York : John Wiley & Sons.
- Walas, S.M., 1988, Chemical Process Equipment, 3rd ed, Butterworths Series in
Chemical Engineering, USA
- Yaws, C.L., 1999. Chemical properties handbook. New York: McGraw-Hill
Education.

LAMPIRAN - LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR-01

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan Formaldehida dan Amonia menjadi Heksametenatetramin dan air
Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) atau <i>continuous stirred tank flow reactor</i> (CSTR)
Fase	: Cair-cair
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Kondisi Operasi	: Suhu = 50°C Tekanan = 1 atm <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis

A. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Dasar pemilihan reaktor adalah sebagai berikut :

- 1) Reaksi pada fase cair cair
- 2) Beroperasi secara kontinyu
- 3) Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi reaktor selalu homogen
- 4) Harga relatif murah

5) Konstruksi lebih sederhana

B. Menghitung Jumlah Reaktor Optimum

Untuk menentukan jumlah reaktor optimum dapat menggunakan optimasi jumlah reaktor. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah reaktor optimum sebagai berikut :

$$\text{Persamaan laju reaksi} \quad : -r_A = kC_A^2 C_B$$

$$\text{Konstanta laju reaksi} \quad : k = 1,42 \times 10^3 \exp\left(\frac{-3090}{T}\right)$$

Neraca massa : Input - output - reaksi = akumulasi

$$F_{A0} - F_A = (-r_A)V$$

$$F_{A0} - F_{A0} + F_{A0} \cdot X = (-r_A)V$$

$$F_{A0} \cdot X = (-r_A)V$$

$$F_{A0} \cdot X = (-r_A)V$$

$$V = \frac{F_{A0} X}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{A0}(X_N - X_{N-1})}{kC_A^2 C_B}$$

$$V = \frac{F_{A0}(X_N - X_{N-1})}{k(C_{A0} - C_{A0} X_N)^2 \left(C_{B0} - \frac{4}{6} C_{A0} X_N\right)}$$

Berdasarkan rumus volume optimasi diatas maka dapat diperoleh hasil optimasi sebagai berikut :

Tabel A.1 Jumlah Reaktor Optimum

N	X_{N-1}	X_N	Volume (L)	1,2 Volume (L)	Harga (US\$)	Total Harga (US\$)
1	0%	95%	3974,77	4269,72	180.400	180.400
2	0%	88%	283,16	339,79	44.500	89.000
	88%	95%	283,16	339,79	44.500	
3	0%	84%	105,38	126,45	29.900	89.700
	84%	92%	105,38	126,45	29.900	
	92%	95%	105,38	126,45	29.900	

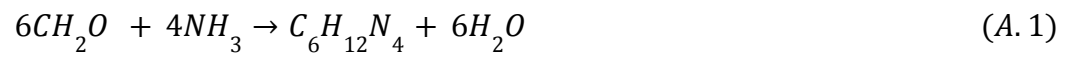
Berdasarkan hasil optimasi dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan 2 reaktor akan lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan menggunakan 1 atau 3 reaktor.

C. Neraca Massa

Tabel A.2 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input		Output
	A4 (kg/jam)	A5 (kg/jam)	A6 (kg/jam)
CH ₂ O	0	1.000	20
NH ₃	377,78	0	7,56
C ₆ H ₁₂ N ₄	0	0	762,22
H ₂ O	1.349,21	1.689,19	3.626,40
CH ₃ OH	0	13,51	13,51
Total	1.726,99	2.702,70	4.429,69
	4.429,69		4.429,69

Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah :



D. Perancangan Reaktor

1. Menghitung Laju Reaksi

$$C_{A0} = \frac{\text{mol } A}{Fv} \quad (\text{A. 3})$$

$$= 6,44 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = \frac{\text{mol } B}{Fv} \quad (\text{A. 4})$$

$$= 4,29 \text{ kmol/m}^3$$

$$X = 88\%$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X) \quad (\text{A. 5})$$

$$= 0,77 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_B = C_{B0}(1 - X) \quad (\text{A. 6})$$

$$= 0,52 \text{ kmol/m}^3$$

$$k \text{ pada } 50^\circ\text{C} = 358.001,72 \text{ m}^6/\text{kmol}^2 \cdot \text{jam}$$

$$-r_A = kC_A^2C_B \quad (\text{A. 7})$$

$$= 110,13 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

2. Mencari Volume Reaktor

$$F_{A0} = 33,33 \text{ kmol/jam}$$

$$F_{B0} = 22,22 \text{ kmol/jam}$$

$$V = \frac{F_{A0} X}{-r_A} \quad (\text{A. 8})$$

$$= 0,28 \text{ m}^3$$

3. Merancang Dimensi Reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak dengan asumsi kondisi *isothermal* dan non adiabatik.

Dalam perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

$$V \text{ terhitung} = 0,28 \text{ m}^3$$

$$V \text{ design} = 0,34 \text{ m}^3$$

a. Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor

Berdasarkan Tabel 3.3 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 43 dipilih reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan $D : H = 1 : 1$.

$$\text{Volume shell} = 0,34 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter shell} = \left(\frac{4 \text{Volume Shell}}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{A. 9})$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} = 0,75 \text{ m}$$

b. Menghitung Tinggi Cairan Dalam Reaktor

$$\text{Volume shell} = 0,34 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume head} = 0,000049D^3 \quad (\text{A. 10})$$

$$\text{Volume head} = 0,000021 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bottom} = \frac{1}{2} \text{Volume head} \quad (\text{A. 11})$$

$$Volume\ bottom = 0,0000105\ m^3$$

$$Volume\ cairan = Volume\ shell - Volume\ bottom \quad (A. 12)$$

$$Volume\ cairan = 0,34\ m^3$$

$$Tinggi\ cairan = \frac{4 \cdot Volume\ Shell}{\pi \cdot D^2} \quad (A. 13)$$

$$= 0,75\ m$$

c. Menghitung Tebal Shell

Digunakan persamaan 13.1 dari buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 254.

$$ts = \frac{Pr_i}{fE-0,6P} + C \quad (A. 14)$$

Dimana :

ts = Tebal dinding shell

P = Tekanan *design* = 18,74 psi

ri = Jari-jari dalam shell = 14,86 in

E = Efisiensi sambungan las = 0,8 (Tabel 13.2

Brownell and Young halaman 254)

f = *Allowable stress* maksimum = 18.750 psi (Tabel

13.1 Brownell and Young halaman 251)

C = Korosi yang diijinkan = 0,13 in

Sehingga,

ts = 0,14 in

= 0,0036 m

Berdasarkan Tabel 5.7 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 90 :

$$\begin{aligned}
 ts \text{ standar} &= 3/16 \text{ in} \\
 ID \text{ shell} &= 29,72 \text{ in} \\
 OD \text{ shell} &= ID \text{ shell} + 2ts \\
 &= 30,00 \text{ in}
 \end{aligned}
 \tag{A. 15}$$

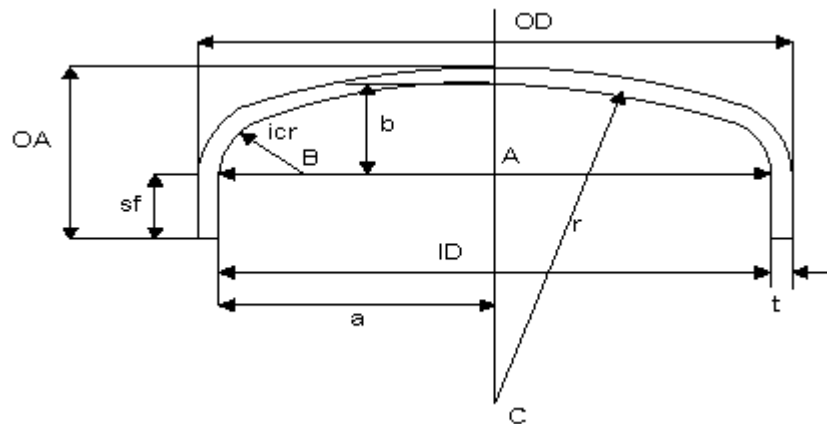
$$\begin{aligned}
 OD \text{ standar} &= 30 \text{ in} \\
 icr &= 1\frac{7}{8} \text{ in} \\
 r &= 30 \text{ in} \\
 ID \text{ standar} &= OD - 2ts \\
 &= 29,63 \text{ in} \\
 H &= 29,63 \text{ in}
 \end{aligned}
 \tag{A. 16}$$

d. Menentukan Tebal Head

Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Bentuk head = *Flanged and Dished Head (Torispherical Head)*

Dipilih bentuk *flanged and dished head (torispherical)* karena umumnya digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk tekanan atmosferik dan harganya cukup ekonomis.



Gambar A.1. *Torispherical Head* (Fig 5.8 Brownell and Young)

Keterangan :

ID = Diameter dalam head

OD = Diameter luar head

a = Jari-jari dalam head

t = Tebal head

r = Jari-jari dalam head

icr = *Inside corner radius*

b = *Deep of dish*

sf = *Straight of flanged*

OA = Tinggi head

Digunakan persamaan 7.76 dan 7.77 dari buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and young hal 138. Tebal head dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad (A.17)$$

$$th = \frac{PrW}{2fE-0,2P} + C \quad (A. 18)$$

$$P = 18,74 \text{ psi}$$

$$r = 30 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$C = 0,13$$

Sehingga,

$$W = 1,75$$

$$th = 0,16 \text{ in}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

Berdasarkan Tabel 5.6 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 88 :

$$th \text{ standar} = 3/16 \text{ in}$$

e. Menentukan Tinggi Head

Berdasarkan Tabel 5.8 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 93 untuk th standar 3/16 in :

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

$$ID = OD - 2th \quad (A. 19)$$

$$= 29,63 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} \quad (A. 20)$$

$$= 14,81 \text{ in}$$

$$AB = a - icr \quad (A. 21)$$

$$= 12,94 \text{ in}$$

$$\text{BC} = r - icr \quad (\text{A. 22})$$

$$= 28,13 \text{ in}$$

$$\text{AC} = \sqrt{BC^2 - AB^2} \quad (\text{A. 23})$$

$$= 24,97 \text{ in}$$

$$\text{b} = r - AC \quad (\text{A. 24})$$

$$= 5,03 \text{ in}$$

$$\text{h head} = sf + b + th \text{ standar} \quad (\text{A. 25})$$

$$= 7,21 \text{ in}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$\text{h reaktor} = 2h \text{ head} + h \text{ shell} \quad (\text{A. 26})$$

$$= 44,15 \text{ in}$$

$$= 1,12 \text{ m}$$

f. Menghitung Volume Head

$$\text{V head} = 0,0000208 \text{ m}^3$$

$$\text{Vsf} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{sf}{144} \quad (\text{A. 27})$$

$$= 0,000156 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total head} = V \text{ head} + Vsf \quad (\text{A. 28})$$

$$= 0,000177 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total reaktor} = V \text{ total head} + V \text{ shell} \quad (\text{A. 29})$$

$$= 0,34 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan dalam shell} &= V \text{ cairan} - V \text{ total head} & (A. 30) \\ &= 0,34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan cairan (At)} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 & (A. 31) \\ &= 0,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dlm shell (hs)} &= \frac{V \text{ cairan dalam shell}}{At} & (A. 32) \\ &= 0,76 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= hs + b + sf & (A. 33) \\ &= 0,94 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas permukaan reaktor untuk tebal head < 1 in, digunakan persamaan

5.12 Brownell and Young halaman 88.

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2sf + \frac{2}{3} icr \quad (A. 34)$$

$$De = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A \text{ total} &= A \text{ shell} + 2 A \text{ head} \\ &= \pi DH + 2 \frac{\pi}{4} De^2 & (A. 35) \\ &= 1,46 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. Merancang Pengaduk Reaktor

Menggunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudut (*flat-blades turbine*)

Berdasarkan Fig. 477 Brown halaman 507, diketahui :

$$\begin{aligned}D_t/D_i &= 3 \\Z_l/D_i &= 2,7 - 3,9 = 3,9 \\Z_i/D_i &= 0,75 - 1,3 = 1,3 \\L/D_i &= 0,25 \\D_t &= 0,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}D_i &= 0,25 \text{ m} \\Z_l &= 0,98 \text{ m} \\Z_i &= 0,33 \text{ m} \\w_b &= 0,042 \text{ m} \\L &= 0,062 \text{ m} \\W_b &= 0,05 \text{ m}\end{aligned}$$

$$sg = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} \quad (A. 36)$$

$$\rho_{\text{cairan}} = 855,77 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$sg = 0,86$$

$$WELH = h_{\text{cairan}} \times sg \quad (A. 37)$$

$$h_{\text{cairan}} = 0,75 \text{ m}$$

$$WELH = 0,65 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{WELH}{D_i} \quad (A. 38)$$

$$D_i = 0,25 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = 2,57$$

$$\Sigma \text{ impeller standar} = 2$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (N)} = \frac{600}{\pi \times D_i} \times \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}} \quad (A. 39)$$

$$= 262,66 \text{ rpm}$$

Sehingga diambil jenis motor *fixed speed belt* karena paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan.

$$N \text{ standar} = 320 \text{ rpm}$$

$$= 5,33 \text{ rps}$$

$$= 19.200 \text{ rph}$$

a. Menghitung Power Pengaduk

$$Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{\mu} \quad (A. 40)$$

$$\rho = 53,40 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,00029 \text{ lb/s.ft}$$

$$N = 5,33 \text{ rps}$$

$$Re = 650.386,32$$

Berdasarkan Fig. 477 Brown halaman 507 diperoleh :

$$Np = 7$$

Sehingga :

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (Pa)} = Np \times \rho \times Ni^3 \times Di^5 \quad (A. 41)$$

$$= 1,228 \text{ hp}$$

$$\text{Pa standar} = 1 \text{ hp}$$

5. Perancangan Jacket Pendingin

a. Menentukan Kebutuhan Pendingin

$$\text{Suhu masuk air pendingin} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar air pendingin} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q \text{ air pendingin} = 12156,88 \text{ kJ/jam}$$

$$\int Cp \cdot dT = 63,08 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin (m)} = \frac{Q}{\int Cp \cdot dT} \quad (A. 42)$$

$$= 192,71 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ air pendingin} = 989,08 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Laju alir air pendingin (Qv)} = \frac{m \text{ air pendingin}}{\rho \text{ air pendingin}} \quad (\text{A. 43})$$

b. Menghitung Tinggi Jacket

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jacket (H)} &= 0,94 \text{ m} \\ \text{Diameter dalam jacket (D1)} &= ID + 2ts \quad (\text{A. 44}) \\ &= 0,76 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi jarak jacket} &= 0,05 \text{ m} \\ \text{Diameter luar jacket (D2)} &= D1 + 2 \text{ jarak jacket} \quad (\text{A. 45}) \\ &= 0,86 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Menghitung Tebal Jacket

$$tj = \frac{P \times r_i}{2fE - 0,6P} + C \quad (\text{A. 46})$$

$$P = 19,23 \text{ psi}$$

$$r = 15 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$C = 0,13$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} tj &= 0,13 \text{ in} \\ &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.7 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 89 :

$$tj \text{ standar} = 3/16 \text{ in}$$

d. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan

Jaket

$$\frac{hi \times Di}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (A. 47)$$

$$\mu/\mu_w = 1 \text{ lb/jam.ft}$$

$$Di = 2,47 \text{ ft}$$

$$\rho = 53,40 \text{ lb/ft}^3$$

$$Cp = 0,007 \text{ Btu/lb.F}$$

$$L = 0,21 \text{ ft}$$

$$N = 19.200 \text{ rph}$$

$$k = 0,00029 \text{ W/m.K}$$

$$\mu = 1261,38 \text{ lb/jam.ft}$$

$$hi = 0,0088 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}$$

$$hio = hi \frac{ID}{OD} \quad (A. 48)$$

$$hio = 0,0087 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}$$

$$Re = \frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \quad (A. 49)$$

$$Re = 34,62$$

Berdasarkan Grafik 20.2 Kern halaman 718 diperoleh :

$$jH = 20$$

$$ho = jH \frac{k}{De} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (A. 50)$$

$$ho = 0,038 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam.F}$$

e. Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Designed Overall Coefficient

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho} \quad (A. 51)$$

$$Uc = 0,0071 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

Berdasarkan Tabel 12 Kern halaman 845 diperoleh :

$$Rd = 0,001$$

$$Rd = \frac{1}{Ud} - \frac{1}{Uc} \quad (A. 52)$$

$$Ud = 0,0071 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

PERANCANGAN REAKTOR-02

Kode	: R-02
Fungsi	: Mereaksikan Formaldehida dan Amonia menjadi Heksametilenatetramin dan air
Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) atau <i>continuous stirred tank flow reactor (CSTR)</i>
Fase	: Cair-cair
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Kondisi Operasi	: Suhu = 50°C Tekanan = 1 atm <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis

A. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Dasar pemilihan reaktor adalah sebagai berikut :

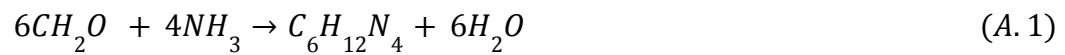
1. Reaksi pada fase cair cair
2. Beroperasi secara kontinyu
3. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi reaktor selalu homogen
4. Harga relatif murah
5. Konstruksi lebih sederhana

B. Neraca Massa

Tabel A.3 Neraca Massa Reaktor (R-02)

Komponen	Input	Output
	A7 (kg/jam)	A8 (kg/jam)
CH ₂ O	117,70	109,73
NH ₃	44,46	41,45
C ₆ H ₁₂ N ₄	686,23	692,43
H ₂ O	3567,78	3572,56
CH ₃ OH	13,51	13,51
Total	4429,69	4429,69

Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah :



C. Perancangan Reaktor

1. Menghitung Laju Reaksi

$$C_{A0} = \frac{\text{mol } A}{Fv} \quad (\text{A. 3})$$

$$= 0,00644 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = \frac{\text{mol } B}{Fv} \quad (\text{A. 4})$$

$$= 0,00429 \text{ kmol/m}^3$$

$$X = 95\%$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X) \quad (\text{A. 5})$$

$$= 0,32 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_B = C_{B0}(1 - X) \quad (\text{A. 6})$$

$$= 0,21 \text{ kmol/m}^3$$

$$k \text{ pada } 50^\circ\text{C} = 358001,73 \text{ m}^6/\text{kmol}^2 \cdot \text{jam}$$

$$-r_A = kC_A^2C_B \quad (\text{A. 7})$$

$$= 7,97 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

2. Mencari Volume Reaktor

$$F_{A0} = 33,33 \text{ kmol/jam}$$

$$F_{B0} = 22,22 \text{ kmol/jam}$$

$$V = \frac{F_{A0} X}{-r_A} \quad (\text{A. 8})$$

$$= 0,28 \text{ m}^3$$

3. Merancang Dimensi Reaktor

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak dengan asumsi kondisi *isothermal* dan non adiabatik.

Dalam perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

$$V \text{ terhitung} = 0,28 \text{ m}^3$$

$$V \text{ design} = 0,33 \text{ m}^3$$

a. Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor

Berdasarkan Tabel 3.3 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 43 dipilih reaktor berbentuk silinder tegak dengan perbandingan $D : H = 1 : 1$.

$$\text{Volume shell} = 0,33 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter shell} = \left(\frac{4 \text{Volume Shell}}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{A. 9})$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} = 0,75 \text{ m}$$

b. Menghitung Tinggi Cairan Dalam Reaktor

$$\text{Volume shell} = 0,33 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume head} = 0,000049D^3 \quad (\text{A. 10})$$

$$\text{Volume head} = 0,00002 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bottom} = \frac{1}{2} \text{Volume head} \quad (\text{A. 11})$$

$$\text{Volume bottom} = 0,00001 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan} = \text{Volume shell} - \text{Volume bottom} \quad (\text{A. 12})$$

$$\text{Volume cairan} = 0,33 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi cairan} = \frac{4 \cdot \text{Volume Shell}}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{A. 13})$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

c. Menghitung Tebal Shell

Digunakan persamaan 13.1 dari buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 254.

$$ts = \frac{Pr_i}{fE-0,6P} + C \quad (\text{A. 14})$$

Dimana :

ts = Tebal dinding shell

P = Tekanan *design* = 18,73 psi

ri = Jari-jari dalam shell = 14,81 in

E = Efisiensi sambungan las = 0,8 (Tabel 13.2

Brownell and Young halaman 254)

f = *Allowable stress* maksimum = 18.750 psi (Tabel

13.1 Brownell and Young halaman 251)

C = Korosi yang diijinkan = 0,13 in

Sehingga,

ts = 0,14 in

= 0,0036 m

Berdasarkan Tabel 5.7 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 90 :

$$\begin{aligned}
 ts \text{ standar} &= 3/16 \text{ in} \\
 ID \text{ shell} &= 29,63 \text{ in} \\
 OD \text{ shell} &= ID \text{ shell} + 2ts \\
 &= 29,91 \text{ in}
 \end{aligned}
 \tag{A. 15}$$

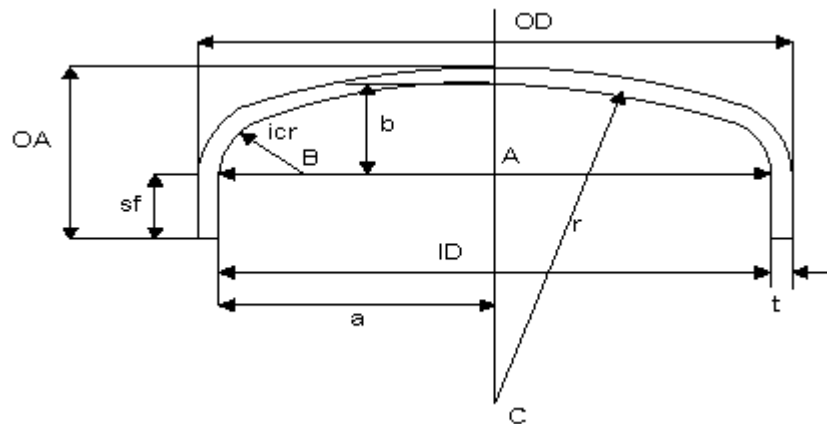
$$\begin{aligned}
 OD \text{ standar} &= 30 \text{ in} \\
 icr &= 1\frac{7}{8} \text{ in} \\
 r &= 30 \text{ in} \\
 ID \text{ standar} &= OD - 2ts \\
 &= 29,63 \text{ in} \\
 H &= 29,63 \text{ in}
 \end{aligned}
 \tag{A. 16}$$

d. Menentukan Tebal Head

Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Bentuk head = *Flanged and Dished Head (Torispherical Head)*

Dipilih bentuk *flanged and dished head (torispherical)* karena umumnya digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk tekanan atmosferik dan harganya cukup ekonomis.



Gambar A.2. *Torispherical Head* (Fig 5.8 Brownell and Young)

Keterangan :

ID = Diameter dalam head

OD = Diameter luar head

a = Jari-jari dalam head

t = Tebal head

r = Jari-jari dalam head

icr = *Inside corner radius*

b = *Deep of dish*

sf = *Straight of flanged*

OA = Tinggi head

Digunakan persamaan 7.76 dan 7.77 dari buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and young hal 138. Tebal head dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \quad (A. 17)$$

$$th = \frac{PrW}{2fE-0,2P} + C \quad (A. 18)$$

$$P = 18,73 \text{ psi}$$

$$r = 30 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$C = 0,13$$

Sehingga,

$$W = 1,75$$

$$th = 0,16 \text{ in}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

Berdasarkan Tabel 5.6 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 88 :

$$th \text{ standar} = 3/16 \text{ in}$$

e. Menentukan Tinggi Head

Berdasarkan Tabel 5.8 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 93 untuk th standar 3/16 in :

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

$$ID = OD - 2th \quad (A. 19)$$

$$= 29,63 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2} \quad (A. 20)$$

$$= 14,81 \text{ in}$$

$$AB = a - icr \quad (A. 21)$$

$$= 12,94 \text{ in}$$

$$BC = r - icr \quad (A. 22)$$

$$= 28,13 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} \quad (A. 23)$$

$$= 24,97 \text{ in}$$

$$b = r - AC \quad (A. 24)$$

$$= 5,03 \text{ in}$$

$$h \text{ head} = sf + b + th \text{ standar} \quad (A. 25)$$

$$= 7,21 \text{ in}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$h \text{ reaktor} = 2h \text{ head} + h \text{ shell} \quad (A. 26)$$

$$= 44,06 \text{ in}$$

$$= 1,12 \text{ m}$$

f. Menghitung Volume Head

$$V \text{ head} = 0,0000208 \text{ m}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{sf}{144} \quad (A. 27)$$

$$= 0,000156 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total head} = V \text{ head} + V_{sf} \quad (A. 28)$$

$$= 0,000177 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total reaktor} = V \text{ total head} + V \text{ shell} \quad (A. 29)$$

$$= 0,3347 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan dalam shell} &= V \text{ cairan} - V \text{ total head} & (A. 30) \\ &= 0,3343 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan cairan (At)} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 & (A. 31) \\ &= 0,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dlm shell (hs)} &= \frac{V \text{ cairan dalam shell}}{At} & (A. 32) \\ &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= hs + b + sf & (A. 33) \\ &= 0,93 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas permukaan reaktor untuk tebal head < 1 in, digunakan persamaan 5.12 Brownell and Young halaman 88.

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2sf + \frac{2}{3} icr \quad (A. 34)$$

$$De = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A \text{ total} &= A \text{ shell} + 2 A \text{ head} \\ &= \pi DH + 2 \frac{\pi}{4} De^2 & (A. 35) \\ &= 1,46 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. Merancang Pengaduk Reaktor

Menggunakan pengaduk jenis turbin dengan 6 sudut (*flat-blades turbine*)

Berdasarkan Fig. 477 Brown halaman 507, diketahui :

$$\begin{aligned}D_t/D_i &= 3 \\Z_l/D_i &= 2,7 - 3,9 = 3,9 \\Z_i/D_i &= 0,75 - 1,3 = 1,3 \\L/D_i &= 0,25 \\D_t &= 0,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}D_i &= 0,25 \text{ m} \\Z_l &= 0,98 \text{ m} \\Z_i &= 0,33 \text{ m} \\w_b &= 0,042 \text{ m} \\L &= 0,062 \text{ m} \\W_b &= 0,050 \text{ m}\end{aligned}$$

$$sg = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} \quad (\text{A. 36})$$

$$\rho_{\text{cairan}} = 855,77 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$sg = 0,86$$

$$WELH = h_{\text{cairan}} \times sg \quad (\text{A. 37})$$

$$h_{\text{cairan}} = 0,75 \text{ m}$$

$$WELH = 0,65 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{WELH}{D_i} \quad (A. 38)$$

$$D_i = 0,25 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = 2,57$$

$$\Sigma \text{ impeller standar} = 2$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (N)} = \frac{600}{\pi \times D_i} \times \sqrt{\frac{WELH}{2D_i}} \quad (A. 39)$$

$$= 263,45 \text{ rpm}$$

Sehingga diambil jenis motor *fixed speed belt* karena paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan.

$$N \text{ standar} = 320 \text{ rpm}$$

$$= 5,33 \text{ rps}$$

$$= 19.200 \text{ rph}$$

a. Menghitung Power Pengaduk

$$Re = \frac{\rho \times N \times D_i^2}{\mu} \quad (A. 40)$$

$$\rho = 72,34 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,00035 \text{ lb/s.ft}$$

$$N = 5,33 \text{ rps}$$

$$Re = 740.145,73$$

Berdasarkan Fig. 477 Brown halaman 507 diperoleh :

$$N_p = 7$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan putar pengaduk (Pa)} &= Np \times \rho \times Ni^3 \times Di^5 & (A. 41) \\ &= 1,64 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Pa standar} = 1,5 \text{ hp}$$

5. Perancangan Jacket Pendingin

a. Menentukan Kebutuhan Pendingin

$$\text{Suhu masuk air pendingin} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu keluar air pendingin} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Q air pendingin} = 2212,13 \text{ kJ/jam}$$

$$\int Cp \cdot dT = 63,08 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin (m)} = \frac{Q}{\int Cp \cdot dT} \quad (A. 42)$$

$$= 35,07 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ air pendingin} = 989,08 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Laju alir air pendingin (Qv)} = \frac{m \text{ air pendingin}}{\rho \text{ air pendingin}} \quad (A. 43)$$

b. Menghitung Tinggi Jacket

$$\text{Tinggi jaket (H)} = 0,93 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam jaket (D1)} = ID + 2ts \quad (A. 44)$$

$$= 0,76 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar jaket (D2)} &= D1 + 2 \text{ jarak jaket} & (A. 45) \\ &= 0,86 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Menghitung Tebal Jaket

$$tj = \frac{P \times r_i}{2fE - 0,6P} + C \quad (A. 46)$$

$$P = 19,23 \text{ psi}$$

$$r = 15 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$f = 18.750 \text{ psi}$$

$$C = 0,13$$

Sehingga,

$$tj = 0,13 \text{ in}$$

$$= 0,003 \text{ m}$$

Berdasarkan Tabel 5.7 buku “Process Equipment Design” karangan Brownell and Young halaman 89 :

$$tj \text{ standar} = 3/16 \text{ in}$$

d. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jaket

$$\frac{hi \times Di}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (A. 47)$$

$$\mu/\mu_w = 1 \text{ lb/jam.ft}$$

$$Di = 2,47 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \rho &= 72,34 \text{ lb/ft}^3 \\ C_p &= 0,007 \text{ Btu/lb.F} \\ L &= 0,21 \text{ ft} \\ N &= 19.200 \text{ rph} \\ k &= 0,61 \text{ W/m.K} \\ \mu &= 1,27 \text{ lb/jam.ft} \\ h_i &= 17,19 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F} \end{aligned}$$

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (A. 48)$$

$$h_{io} = 17,19 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

$$Re = \frac{L^2 \times N \times \rho}{\mu} \quad (A. 49)$$

$$Re = 46.259,11$$

Berdasarkan Grafik 20.2 Kern halaman 718 diperoleh :

$$j_H = 20$$

$$h_o = j_H \frac{k}{De} \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (A. 50)$$

$$h_o = 0,62 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

e. Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) dan Designed Overall Coefficient

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \quad (A. 51)$$

$$U_c = 0,60 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

Berdasarkan Tabel 12 Kern halaman 845 diperoleh :

$$R_d = 0,001$$

$$R_d = \frac{1}{U_d} - \frac{1}{U_c} \quad (A. 52)$$

$$U_d = 0,60 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

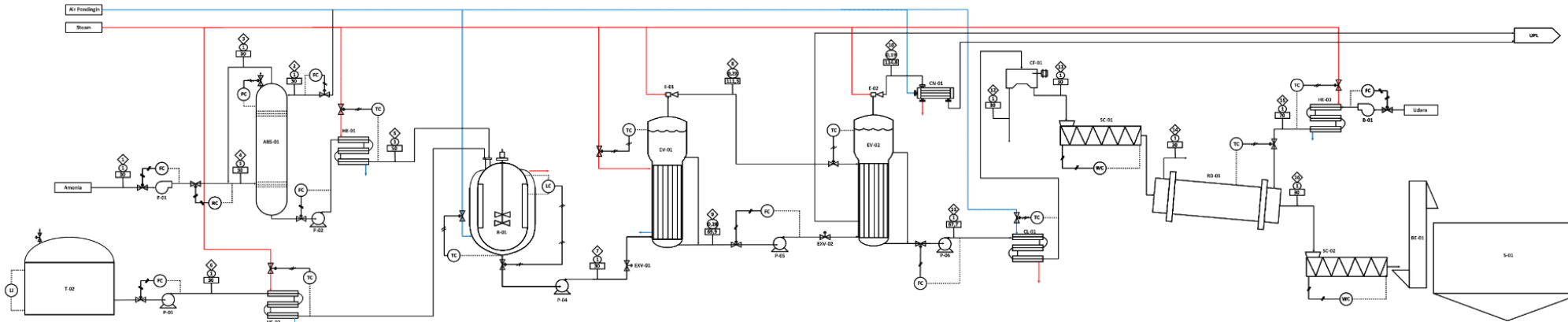
LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

LAMPIRAN B

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMETILENATETRAMIN DARI AMONIA DAN FORMALDEHIDA

KAPASITAS 5.500 TON/TAHUN



Komponen	No Arus (kg/jam)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CH ₂ O						1000,00	109,73	106,95	2,78	2,78						
NH ₃	377,78		1339,39	1717,17	377,78		41,45	40,89	0,56	0,56						
C ₆ H ₁₂ N ₄							692,43		692,43		692,43		692,43			692,43
H ₂ O	1,90	1347,31		1,90	1349,21	1689,19	3572,56	5361,68	8274,86	1234,07	939,86	862,92	76,94	73,46		3,48
CH ₃ OH						13,51	13,51	9,778	3,73	3,73						
Udara															19428,58	19428,58
Total	379,68	1347,31	1339,39	1719,07	1726,99	2702,70	4429,69	5519,30	8974,37	1241,14	1632,30	862,93	769,37	73,46		695,91

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
○	Tekanan, Atm	T	Tangki
□	Temperature, °C	ABS	Absorber
◇	Nomer Arus	R	Reaktor
⊞	Control Valve	P	Pompa
—/—	Pneumatic	HE	Heater
⋯	Electrical	CL	Cooler
LI	Level Indicator	EV	Evaporator
FC	Flow Control	CF	Centrifuge
RC	Ratio Control	RD	Rotary Dryer
PC	Pressure Control	SL	Silo
TC	Temperature Control	BE	Bucket Elevator
LC	Level Control	SC	Screw Conveyor
WI	Weight Indicator	F	Fan
WC	Weight Control	CN	Condenser
E	Ejector	EXV	Expansion Valve



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMETILENATETRAMINA DARI
AMONIA DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH
 1. Haidar Luthfi Amrullah (19521227)
 2. Cassanova Istiqomah W (19521228)

DOSEN PEMBIMBING:
 Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.









LAMPIRAN C









KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Haidar Luthfi Amrullah
No. Mhs : 19521227
2. Nama Mahasiswa : Cassanova Istiqomah Walhawanadana
No. Mhs : 19521228
- Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Heksametilenetetramina Dari
Amonia dan Formaldehida Kapasitas 5.500
Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **06 Oktober 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	10/10/2022	Perkenalan dan pengarahan awal mengenai tahap prarancangan pabrik	
2.	10/11/2022	Penentuan kapasitas pabrik	
3.	15/11/2022	Persetujuan luaran tahap 1	
4.	17/11/2022	Pemilihan proses dan tinjauan kinetika	
5.	01/12/2022	Penentuan spesifikasi bahan baku dan pembuatan diagram alir kualitatif	
6.	12/12/2022	Persetujuan luaran tahap 2, 3 dan 4	
7.	05/01/2023	Neraca massa	
8.	03/02/2023	Neraca massa	

9.	06/02/2023	Persetujuan luaran tahap 5	
10.	9/05/2023	Perancangan reaktor dan alat-alat besar	
11.	29/05/2023	Revisi reaktor dan alat-alat besar	
12.	4/7/2023	Persetujuan alat-alat besar	
13.	25/7/2023	Perancangan alat-alat kecil, alat transportasi, dan alat penyimpanan	
14.	4/8/2023	Perancangan alat penyimpanan, lokasi pabrik dan utilitas	
15.	30/8/2023	Evaluasi ekonomi dan finalisasi PEFD	
16.	01/09/2023	Persetujuan naskah tugas akhir	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 01 September 2023

Pembimbing,



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

