

PRARANCANGAN PABRIK
HEXAMETHYLENEDIAMINE DARI ADIPONITRILE
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Fanisa Noviaryanti Nama : Guntur Martha Baya
No. Mahasiswa : 18521108 No. Mahasiswa : 18521221

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENEDIAMINE* DARI ADIPONITRILE KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fanisa Noviaryanti Nama : Guntur Martha Baya
No. Mahasiswa : 18521108 No. Mahasiswa : 18521221

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

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

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



Fanisa Noviaryanti

NIM. 18521108



Guntur Martha Baya

NIM. 18521221

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENEDIAMINE* DARI *ADIPONITRILE* KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Fanisa Noviaryanti

Nama : Guntur Martha Baya

No. Mahasiswa : 18521108

No. Mahasiswa : 18521221

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENEDIAMINE* DARI *ADIPONITRILE* KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Fanisa Noviardyanti Nama : Guntur Martha Baya
No. Mahasiswa : 18521108 No. Mahasiswa : 18521221

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, 27 Oktober 2022

Tim Penguji,

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

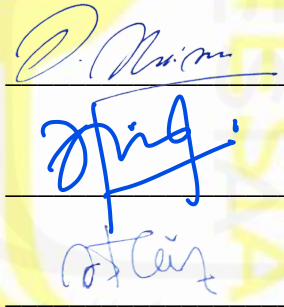
Ketua

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

Anggota I

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Hexamethylenediamine* dari *Adiponitrile* dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. 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 Dosen Pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas

Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Ayah terhebat saya Bapak Arif Mashuri, Ibu terbaik saya Ibu Nursanti Handayani dan Adik saya (M. Rizqi Aulia Abdillah), Almarhum Kakek saya (Bapak M. Amin) serta Nenek saya (Umi Ani dan Oma Yeyet) yang telah memberikan do'a, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang luar biasa.. Terimakasih atas segala doa, semangat dan dukungan moral maupun materi. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap anak sulungmu.

Guntur Martha Baya sebagai partner pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. 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 kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Javanese Squad (Diah, Farradilla, Fika, Rahmi, Ninda, Icha) teman terdekat saya sampai saat ini. Terima kasih telah menerima segala suka duka selama perkuliahan. Terima kasih telah menjadi wanita hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya. Aamiin.

Teknik Kimia UII 2018, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu.

(Fanisa Noviaryanti)

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Mengucapkan syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* dengan mengucapkan kalimat *Alhamdulillahillobbil'alamin*, karena atas berkah dan rahmat-Nya, saya bisa sampai dan 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 Mama terbaik sepanjang masa saya, Ibu Septary. Untuk Papa hebat saya, Drs. Syarifudin Adi Baya. Untuk kakak-kakak luar biasa saya, Rochmi Aryningsih, Wahyu Styono, dan Satriya Sulistyio Aji. Untuk keluarga terkasih saya Hariyanto, Ropious Westhiningrum, Fadhilla Rochman, Harvey Jazlyn Airlangga, Janies Arjuna Putra Wahyu, Andara Jasmine Setyaningrum, dan Fatih Basyiru Aji.

Karya ini saya selesaikan juga sekaligus untuk menepati janji saya kepada Mama saya. Tepat pada 10 tahun yang lalu dibulan September, Mama mengamanahkan untuk anak bungsunya harus menjadi seorang sarjana dan tidak pernah berhenti berusaha. Dan berkat Ridha Allah, serta bantuan dari semua pihak terutama keluarga yang terus memberikan dukungan dan nasehat terbaiknya, Allah berikan saya kesempatan untuk menepati janji tersebut.

Kepada partner saya Fanisa Noviaryanti sebagai rekan kerja perancangan pabrik ini sekaligus sebagai partner utama pada penelitian yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra-rancangan pabrik ini. 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 kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Kepada seluruh pembimbing saya, seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia yang selalu memberikan semangat, arahan, nasehat dan pelajaran yang mampu untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Kepada seluruh rekan saya dan keluarga kedua saya, dari Teknik Kimia UII 2018, *Abhicarya*, yang berada di Jogja ataupun Cirebon yang telah memiliki andil besar dalam membentuk karakter pribadi saya menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita-citakan dan sukses dengan jalan kalian masing-masing.

(Guntur Martha Baya)



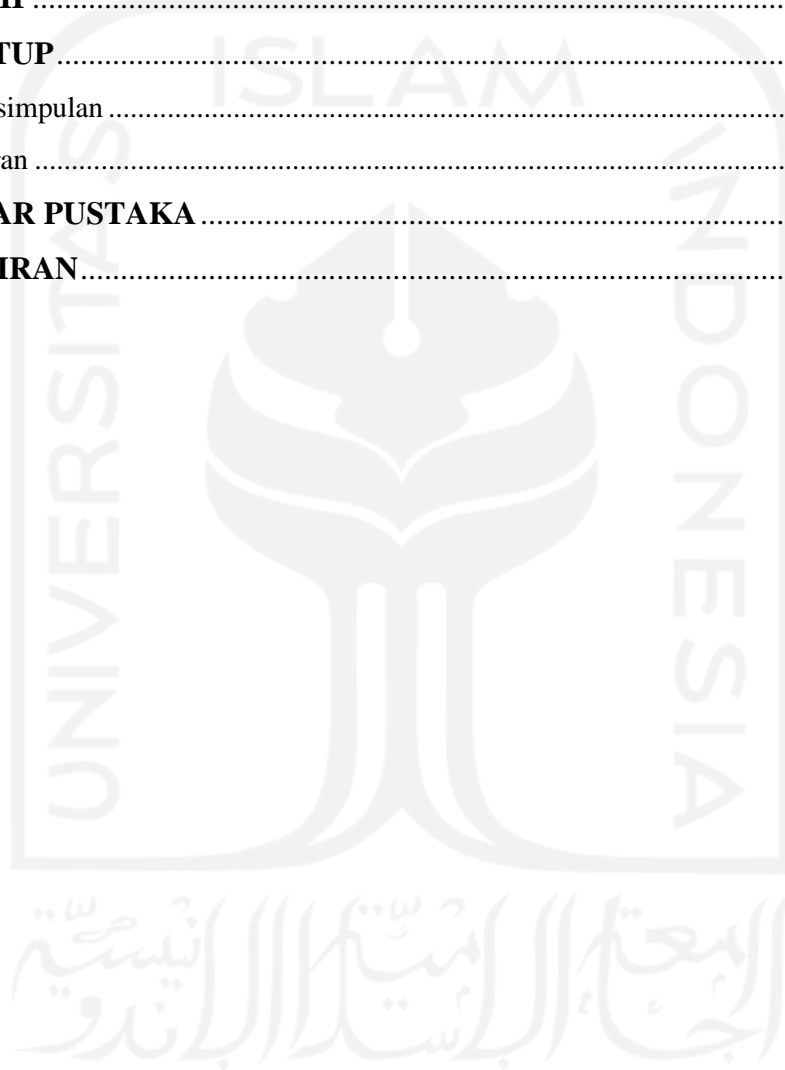
DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1. Supply	3
1.2.2. Demand	5
1.3. Tinjauan Pustaka	12
1.3.1 Hexametylenediamine (HMD)	12
1.3.2. Macam-macam Proses	13
1.3.3. Pemilihan Proses	16
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	17
1.4.1. Tinjauan Termodinamika	17
1.4.2. Tinjauan Kinetika	20
BAB II	24
PERANCANGAN PRODUK	24
2.1. Spesifikasi Produk	24
2.1.1. Sifat Fisika Produk	24
2.1.2. Sifat Kimia Produk	25
2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	26

2.2.1. Sifat Fisika Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	26
2.2.2. Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	27
2.3. Pengendalian Kualitas.....	32
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku	33
2.3.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung.....	33
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	33
2.3.4 Pengendalian proses produksi.....	34
2.3.5 Pengendalian Kualitas Produk	36
2.3.6 Pengendalian Kualitas Produk pada Waktu Pemindehan	36
BAB III.....	37
PERANCANGAN PROSES	37
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	37
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	37
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	38
3.2 Uraian Proses	39
3.2.1 Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu.....	39
3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Produk	41
3.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk	42
3.3 Spesifikasi Alat	43
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	43
3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah.....	45
3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	48
3.3.4 Spesifikasi <i>Expansion Valve</i> dan <i>Compressor</i>	49
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi	50
3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	52
3.4 Neraca Massa	56
3.4.1 Neraca Massa Total.....	56
3.4.2 Neraca Massa Alat	57
3.5 Neraca Panas	58
3.5.1 Neraca Panas Total.....	58
3.5.2 Neraca Panas Alat	58
BAB IV.....	60

PERANCANGAN PABRIK	60
4.1. Lokasi Pabrik	60
4.1.1. Ketersediaan Bahan Baku	61
4.1.2. Pemasaran Produk.....	61
4.1.3. Sarana Transportasi dan Telekomunikasi	61
4.1.4. Utilitas.....	62
4.1.5. Tenaga Kerja.....	62
4.1.6. Keadaan Iklim.....	63
4.1.7. Lingkungan dan Masyarakat.....	63
4.1.8. Limbah Industri.....	63
4.2. Tata Letak Pabrik.....	63
4.3. Tata Letak Alat Proses	70
4.4. Organisasi Perusahaan	72
4.4.1. Bentuk Organisasi.....	72
4.4.2. Struktur Organisasi	74
4.4.3. Tugas dan Wewenang.....	77
4.4.4. Pengaturan Jam Kerja	82
4.4.5. Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	84
4.4.6. Fasilitas dan Hak Karyawan	87
BAB V	89
UTILITAS	89
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	89
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	89
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	94
5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generator System</i>)	98
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	99
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	103
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	103
5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	104
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas	105
BAB VI	115
EVALUASI EKONOMI	115

6.1 Penaksiran Harga Alat	116
6.2 Dasar Perhitungan	121
6.3 Komponen Biaya	122
6.4 Analisa Keuntungan.....	126
6.5 Analisa Kelayakan	126
BAB VII	132
PENUTUP	132
7.1 Kesimpulan	132
7.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	138



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Impor <i>Hexamethylenediamine</i> dari Tahun 2014 - 2021.....	3
Tabel 1.2 Ekspor <i>Hexamethylenediamine</i> dari Tahun 2014 - 2021	5
Tabel 1.3 Konsumsi <i>Hexamethylenediamine</i> dari Tahun 2014 - 2021	7
Tabel 1.4 Data Kapasitas Produsen <i>Hexamethylenediamine</i> di Beberapa Negara.....	8
Tabel 1.5 Impor <i>Hexamethylenediamine</i> di Beberapa Negara.....	9
Tabel 1.6 Perhitungan Prediksi Impor Tahun 2025 – 2027	11
Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan HMD	15
Tabel 1.8 Perbandingan Proses dan Operasi Kondisi HMD	16
Tabel 1.9 Harga ΔH_r° pada masing-masing Komponen.....	17
Tabel 1.10 Harga ΔG_r° pada masing-masing Komponen.....	18
Tabel 1.11 Sifat Fisikakimia Katalis Raney Ni & Co.....	20
Tabel 1.12 Parameter pada Pemodelan Persamaan Kinetik (Mathieu, dkk., 1992)	22
Tabel 1.13 Parameter pada Pemodelan Persamaan Kinetik (Joly-Vuillemin, dkk., 1994).....	23
Tabel 1.14 Parameter Kostanta Kinetika (Renzo, dkk., 2005).....	23
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk	24
Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	26
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Bakum, Bahan Pendukung & Produk... ..	48
Tabel 3.2 Spesifikasi Expansion Valve dan Compressor.....	49
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan.....	50
Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan	51
Tabel 3.5 Spesifikasi condensor (CD-01).....	52
Tabel 3.6 Spesifikasi reboiler (RB-01)	52
Tabel 3.7 Spesifikasi Heater (HE-01).....	53
Tabel 3.8 Spesifikasi Heater (HE-02)	54
Tabel 3.9 Spesifikasi Heater (HE-03).....	54
Tabel 3.10 Spesifikasi Cooler (CL-01).....	55
Tabel 3.11 Spesifikasi Cooler (CL-02).....	56
Tabel 3.12 Neraca Massa Total.....	56
Tabel 3.13 Neraca Massa Mixer (M-01).....	57
Tabel 3.14 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	57
Tabel 3.15 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)	57
Tabel 3.16 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)	58
Tabel 3.17 Neraca Panas Total	58
Tabel 3.18 Neraca Panas Mixer (M-01).....	58
Tabel 3.19 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	59
Tabel 3.20 Neraca Panas Centrifuge (CF-01)	59
Tabel 3.21 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)	59
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	68

Tabel 4.2 Jadwal jam kerja karyawan non-shift.....	82
Tabel 4.3 Jadwal jam kerja karyawan shift.....	83
Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok.....	83
Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian	84
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik	90
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin	91
Tabel 5.3 Kebutuhan Air untuk Steam.....	91
Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	100
Tabel 5.5 Kebutuhan listrik untuk utilitas.....	100
Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik.....	102
Tabel 5.7 Spesifikasi alat transportasi cairan utilitas	105
Tabel 5.8 Spesifikasi Bak Utilitas.....	109
Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki.....	110
Tabel 5.10 Spesifikasi Screener Utilitas	112
Tabel 5.11 Spesifikasi Sand Filter Utilitas.....	112
Tabel 5.12 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas	112
Tabel 5.13 Spesifikasi Mixed Bed Utilitas	113
Tabel 5.14 Spesifikasi Dearator.....	113
Tabel 5.15 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	114
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018	116
Tabel 6.2 Harga Alat Proses	119
Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas	120
Tabel 6.4 Physical plant cost (PPC).....	122
Tabel 6.5 Direct Plan Cost (DPC).....	122
Tabel 6.6 Fixed Capital Investment (FCI)	122
Tabel 6.7 Working capital investment (WCI).....	123
Tabel 6.8 Direct manufacturing cost (DMC).....	124
Tabel 6.9 Indirect manufacturing cost (IMC)	124
Tabel 6.10 Fixed manufacturing cost (FMC).....	125
Tabel 6.11 Total manufacturing cost	125
Tabel 6.12 General expense (GE).....	125
Tabel 6.13 Total production cost	126
Tabel 6.14 Annual fixed manufacturing cost (Fa)	128
Tabel 6.15 Annual regulated expenses (Ra)	129
Tabel 6.16 Annual variable value (Va).....	129
Tabel 6.17 Annual sales value (Sa).....	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor <i>Hexamethylenediamine</i> dari Tahun 2014 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-8).....	4
Gambar 1.2 Ekspor <i>Hexamethylenediamine</i> dari tahun 2014 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-8).....	6
Gambar 1.3 Konsumsi <i>Hexamethylenediamine</i> dari Tahun 2014 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-8).....	7
Gambar 1.4 Skema Reaksi	14
Gambar 1.5 Konversi Adiponitril dan Selektivitas Produk untuk Hidrogenasi ADN	21
Gambar 2.1 Hazard Diamond pada HMD	25
Gambar 2.2 Hazard Diamond pada <i>Adiponitrile</i>	27
Gambar 2.3 Hazard Diamond pada Hidrogen.....	29
Gambar 2.4 Hazard Diamond pada Raney Nikel.....	30
Gambar 2.5 Hazard Diamond pada NaOH	31
Gambar 3.0.1 Diagram Alir Kualitatif Produksi <i>Hexamethylenediamine</i>	37
Gambar 3.0.2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi <i>Hexamethylenediamine</i>	38
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik	60
Gambar 4.2 Layout Pabrik <i>Hexamethylenediamine</i>	69
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	72
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik HMD.....	76
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas.....	93
Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear.....	118
Gambar 6.2 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	131

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Perancangan reaktor.....	137
Lampiran B	<i>Process engineering flow diagram</i> (PEFD).....	151
Lampiran C	Kartu konsultasi bimbingan prarancangan pabrik.....	153



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
T	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
R	: Jari- jari, in
P	: <i>Power motor</i> , Hp
Ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
Th	: Tebal <i>head</i> , in
Re	: Bilangan Reynold
u_0	: Kecepatan awal fluidisasi, m/s
U_{mf}	: Kecepatan fluidisasi minimum, m/s

u_t	: Kecepatan fluidisasi maksimal, m/s
u_{sh}	: Kecepatan <i>superficial</i> homogen, m/s
u_{sl}	: Kecepatan <i>superficial</i> liquid, m/s
u_{sg}	: Kecepatan <i>superficial</i> gas, m/s
l_{or}	: Jarak pusat ke pusat antara lubang, m
u_{or}	: Kecepatan gas melalui lubang, m/s
u_b	: Kecepatan gelembung naik, m/s
ag	: Gas <i>holdup</i>
F_s	: Faktor <i>friksi</i>
u_{br}	: Kecepatan naik gelembung sehubungan dengan fase emulsi, m/s
Emf	: Ruang kosong fluidisasi minimum
Lmf	: Tinggi unggul fluidisasi, m
U_c	: Kecepatan gas dimana fluktuasi tekanan dalam gelembung maksimum, m/s
D_t	: Diameter zona reaksi, m
D_f	: Diameter <i>freeboard</i> , m
TDH	: <i>Transport Disengaging Height</i> , m
L_t	: Tinggi zona reaksi, m
L_f	: Tinggi <i>freeboard</i> , m
L_h	: Tinggi head
F	: <i>Allowable Stress</i> , psia
E	: Efisiensi pengelasan
I_{cr}	: Jari-jari sudut dalam, in

- Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft² °F
- Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft² °F
- Rd : Faktor pengotor
- Cp : Kapasitas Panas, Btu/lb °F
- K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft² °F
- JH : *Heat transfer factor*
- Hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
- Ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft² °F
- LMTD : *Long mean temperature different*, °F
- K : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu
- Wf : Total *head*, in
- ΔH : Entalpi, KJ/Jam
- Th : Tebal *head*, in

ABSTRAK

Hexamethylenediamine (HMD) merupakan senyawa organik yang memiliki rumus kimia $C_6H_{16}N_2$ dan memiliki molekul berupa diamina yang terdiri dari rantai hidrokarbon heksametilena yang diakhiri dengan gugus fungsi amina yang mana digunakan untuk bahan utama pembuatan *nylon-66* dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik. Peluang berkembangnya industri HMD di Indonesia cukup besar, mengingat kebutuhannya yang terus meningkat setiap waktunya, selain itu terhitung hingga saat ini belum ada pabrik *hexamethylenediamine* yang tercatat telah berdiri di Indonesia. Perancangan Pabrik dengan kapasitas 35.000 ton/tahun ini nantinya akan didirikan di daerah kawasan industri Ciwandan, Cilegon, Banten. Metode pembuatan *hexamethylenediamine* ini adalah dengan mereaksikan senyawa *adiponitrile* dengan senyawa hidrogen, yang mana didalam proses hidrogenasi terdapat komponen medium yang terdiri dari katalis Raney Nikel, Natrium Hidroksida dan Air. Proses Reaksi yang bersifat kontinyu ini dijalankan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan asumsi *Pseudohomogenesis* dengan tekanan 30 atm dan suhu operasi 75°C Selanjutnya keluaran dari reaktor akan dipisahkan komponen padat cairnya melalui *Centrifuge* dan dimurnikan menggunakan Menara Destilasi. Untuk memperoleh kapasitas sebesar 35.000 ton/tahun, dibutuhkan setidaknya 32.586,207 ton/tahun *adiponitrile* dan 2.413,793 ton/tahun hidrogen. Selain itu pabrik ini dilengkapi dengan beberapa komponen utilitas yang membutuhkan jumlah air pendingin sebesar 1.474.101,762 ton/tahun, 28.688,658 ton/tahun *steam*, 24,299 m³/jam udara tekan, 774,907 kW listrik, 1.489,279 kL/tahun bahan bakar solar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik *hexamethylenediamine* ini memiliki tingkat resiko rendah (*low risk*) dengan menganalisa besaran pajak sebesar 25%, didapatkan kategori ROI minimal sebesar 11%, nilai POT maksimal sebesar 5 tahun, dan BEP sebesar 40-60%. Hasil evaluasi ekonomi pabrik *Hexamethylenediamine* setidaknya menunjukkan nilai kebutuhan dari modal tetap sebesar Rp. 221.949.721.748, modal kerja sebesar Rp. 496.415.942.893 dan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 155.367.035.263, dari perhitungan didapatkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 61,88% dan setelah perhitungan pajak sebesar 46,41%, POT sebelum pajak sebesar 1,4 tahun dan setelah pajak sebesar 1,8 tahun. Sementara nilai BEP sebesar 50,24%, SDP sebesar 39,78%, dan DCFRR sebesar 21,22%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik *hexamethylenediamine* secara ekonomi layak untuk didirikan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan baik dipasar nasional ataupun internasional.

Kata Kunci: *Adiponitrile, Hexamethylenediamine, Hidrogenasi, Raney Nikel, RATB.*

ABSTRACT

Hexamethylenediamine (HMD) is an organic compound that has the chemical formula $C_6H_{16}N_2$ and having a diamine molecule consisting of a hexamethylene hydrocarbon chain ending with an amine functional group which is used as the main ingredient for making nylon-66 quickly became known for its use for textile materials such as t-shirts and other types of clothing as well as for plastic molding. The opportunity for the development of the HMD industry in Indonesia is quite large, considering the need for it continues to increase every time, besides that as of now there is no recorded *Hexamethylenediamine* plant that has been established in Indonesia. The factory design with a capacity of 35.000 tons/year will later be established in the Ciwandan industrial area, Cilegon, Banten. The method of making *Hexamethylenediamine* is by reacting *Adiponitrile* compounds with Hydrogen compounds, which in the hydrogenation process there is a medium component consisting of Raney Nickel catalyst, Sodium Hydroxide and Water. This continuous reaction process is carried out in a Stirred Tank Flow Reactor (RATB) with Pseudohomogeneous assumptions with a pressure of 30 atm and an operating temperature of 75°C. Furthermore, the output from the reactor will be separated from the solid-liquid components through a centrifuge and purified using a distillation tower. To obtain a capacity of 35.000 tons/year, at least 32.586,207 tons/year of *Adiponitrile* and 2.413,793 tons/year of Hydrogen are needed. In addition, this plant is equipped with several utility components that require cooling water of 1.474.101,762 tons/year, 28.688,658 tons/year steam, 24,299 m³/hour compressed air, 774,907 kW electricity, 1.489,279 kL/year. years of diesel fuel. The results of the analysis show that the *Hexamethylenediamine* plant has a low risk level by analyzing the tax amount of 25%, ROI category is at least 11%, the maximum POT is 5 years, and BEP is 40-60%. The results of the economic evaluation of the *Hexamethylenediamine* factory show that at least the value of the need for fixed capital is IDR. 221.949.721.748, working capital is IDR. 496.415.942.893 and profit before tax is IDR. 155.367.035.263, from the calculation, the ROI before tax is 61,88%. and after tax calculation is 46,41%, POT before tax is 1,4 years and after tax is 1,8 years, while the BEP value is 50,24%, SDP is 39,78%, and DCFRR of 21,22%. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the *Hexamethylenediamine* plant is economically feasible to establish and has great potential to be developed both in the national and international markets.

Keywords: *Adiponitrile, Hexamethylenediamine, Hydrogenation, Raney Nickel, RATB*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia berlangsung sangat cepat beriringan dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Proses industrialisasi memungkinkan perekonomian negeri ini berkembang pesat dan semakin baik, sehingga membawa perubahan dalam struktur perekonomian nasional. Dari sekian banyak industri yang berkembang di Indonesia, industri kimia merupakan industri yang paling disoroti atas perkembangannya. Industri kimia terus berkembang secara luas dan komprehensif. Tujuan pengembangan industri kimia tidak lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat dan kebutuhan industri akan berbagai bahan penunjang yang semakin meningkat. Untuk itu perlu dibangun pabrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Salah satunya adalah pabrik *hexamethylenediamine*.

Hexamethylenediamine (HMD) merupakan suatu senyawa organik yang memiliki rumus kimia $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ atau $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$. Molekulnya adalah diamina yang terdiri dari rantai hidrokarbon heksametilena yang diakhiri dengan gugus fungsi amina. Dalam bentuk padatan biasanya berwarna kekuning-kuningan dengan bau amina yang cukup kuat. HMD diproduksi sekitar 1 milyar kilogram setiap tahunnya.

Hexamethylenediamine digunakan untuk bahan utama pembuatan *nylon-66*. *Nylon-66* secara cepat mulai dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil

seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik. Di Indonesia, *nylon-66* banyak diperlukan untuk pembuatan *nylon tire cord* (kain ban). Penggunaan *nylon tire cord* sangat meningkat seiring dengan berkembangnya produksi ban kendaraan. Pada tahun 2018, nilai pasar nylon-66 diperkirakan lebih dari US \$3 miliar, nilai ini diperkirakan akan terus meningkat pada tahun 2027. Hal ini menjadi peluang berkembangnya Industri *hexamethylenediamine* di Indonesia yang sangat besar dikarenakan permintaan nylon-66 di dunia yang setiap tahunnya selalu meningkat dan mengingat sampai saat ini belum terdapat pabrik *hexamethylenediamine* yang tercatat telah berdiri di Indonesia (Munandar, 2018).

Pabrik *Hexamethylenediamine* perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri serta mengurangi ketergantungan import, sehingga dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat membuka lapangan kerja serta meningkatkan taraf hidup masyarakat.
3. Mendorong berdirinya industri-industri lain yang menggunakan bahan baku *Hexamethylenediamine*.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam perancangan kapasitas pabrik *Hexamethylenediamine* ada beberapa pertimbangan diantaranya adalah supply dan demand. Supply dipengaruhi oleh nilai kapasitas impor dan produksi sedangkan demand dipengaruhi oleh nilai ekspor dan konsumsi.

1.2.1. Supply

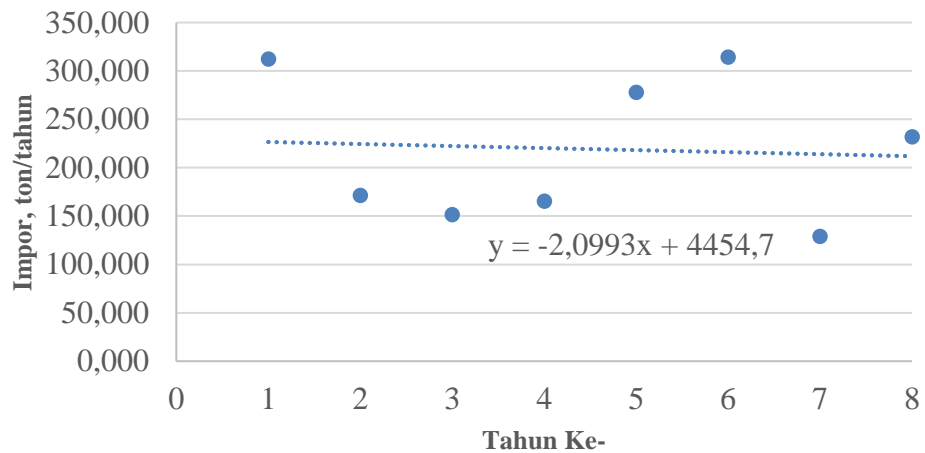
Supply suatu produk diperoleh dari impor *hexamethylenediamine* dan produksi *hexamethylenediamine* dalam negeri. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik), data impor *hexamethylenediamine* sebagai bahan kimia dari tahun 2014 sampai 2021 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Impor *Hexamethylenediamine* dari Tahun 2014 - 2021

Tahun	Kapasitas Ton/tahun
2014	312,423
2015	171,399
2016	151,608
2017	165,501
2018	277,859
2019	314,394
2020	128,873
2021	231,790

(Sumber : BPS Indonesia, 2014 – 2021)

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa industri di Indonesia masih membutuhkan *hexamethylenediamine* dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Dari data impor di atas dapat dibuat grafik antara data tahun pada sumbu x dan data import dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Impor *Hexamethylenediamine* dari Tahun 2014 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-8)

Perkiraan impor *hexamethylenediamine* di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = -2,0993x + 4454,7$ di mana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2027 kebutuhan impor *hexamethylenediamine* di Indonesia sebesar:

$$y = -2,0993x + 4454,7$$

$$y = -2,0993 (2027) + 4454,7$$

$$y = 199,419 \text{ ton/tahun}$$

Sementara saat ini, belum terdapat perusahaan di Indonesia yang memproduksi *hexamethylenediamine*. Perusahaan di Indonesia seperti perusahaan nilon 6,6 yang menggunakan *hexamethylenediamine* sebagai bahan baku mendapatkan bahan *hexamethylenediamine* melalui impor dari

negara lain seperti Jepang, Cina, dan beberapa negara lain untuk produksi di Indonesia.

1.2.2. Demand

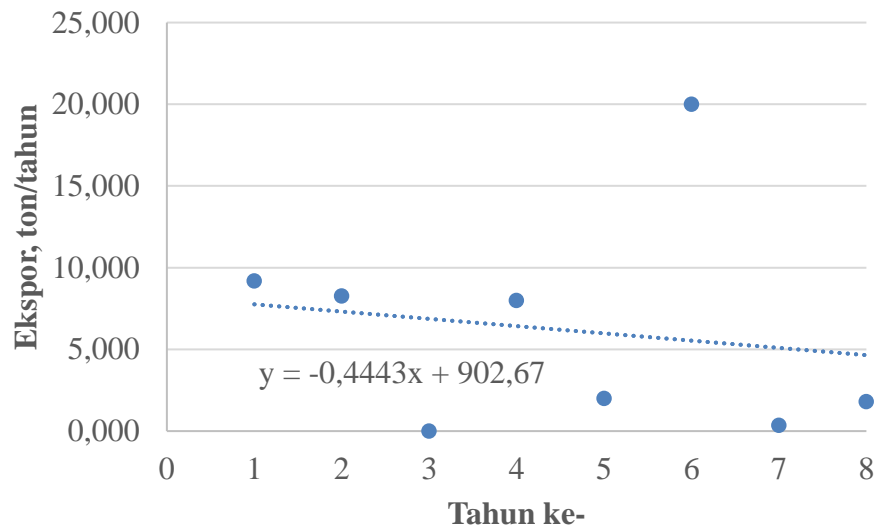
Nilai *demand* didapatkan dari nilai ekspor dan konsumsi *Hexamethylenediamine*. Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik), data ekspor *hexamethylenediamine* sebagai bahan kimia dari tahun 2014 sampai 2021 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.2 Ekspor *Hexamethylenediamine* dari Tahun 2014 - 2021

Tahun	Kapasitas Ton/tahun
2014	9,200
2015	8,265
2016	0,000
2017	8,000
2018	2,000
2019	20,000
2020	0,360
2021	1,800

(Sumber : BPS Indonesia, 2014 – 2021)

Dari data diatas terlihat bahwa ekspor *Hexamethylenediamine* di Indonesia sangatlah sedikit jumlahnya setiap tahunnya. Dari data ekspor di atas dapat dibuat grafik antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Ekspor *Hexamethylenediamine* dari tahun 2014 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-8)

Perkiraan ekspor *hexamethylenediamine* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = -0,4443x + 902,67$ di mana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah ekspor. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2027 ekspor *hexamethylenediamine* di Indonesia sebesar:

$$y = -0,4443x + 902,67$$

$$y = -0,4443 (2027) + 902,67$$

$$y = 2,074 \text{ ton/tahun}$$

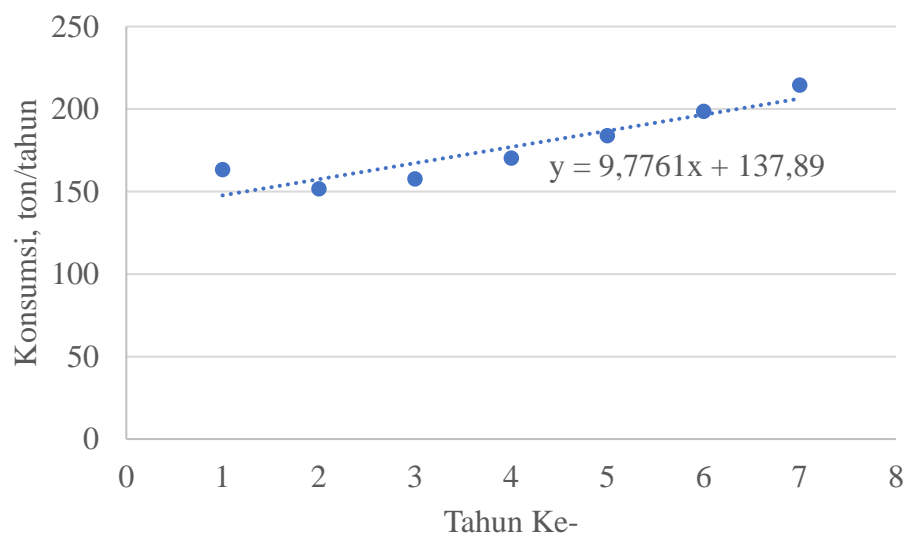
Saat ini, belum terdapat perusahaan di Indonesia yang memproduksi *Hexamethylenediamine*. Berikut merupakan data perkembangan konsumsi *hexamethylenediamine* di Indonesia :

Tabel 1.3 Konsumsi *Hexamethylenediamine* dari Tahun 2015 - 2021

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
2015	163,134
2016	151,608
2017	157,501
2018	170,121
2019	183,753
2020	198,477
2021	214,381

(Sumber : BPS, 2014 - 2021)

Dari data konsumsi diatas didapatkan dapat dibuat grafik antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Konsumsi *Hexamethylenediamine* dari Tahun 2015 (tahun ke-1) s.d 2021 (tahun ke-7)

Dari grafik diatas didapatkan persamaan $y = 9,7761x + 137,89$, sehingga dari persamaan tersebut dapat dihitung perkiraan konsumsi pada tahun 2027 sebesar 19.954,0447 ton.

Untuk menghitung peluang kapasitas pabrik *hexamethylenediamine* pada tahun 2027 menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peluang Kapasitas} &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\ &= ((2,0739 + 19.954,0447) - (199,4189 + 0)) \text{ ton/tahun} \\ &= (19.956,1186 - 199,4189) \text{ ton/tahun} \\ &= 19.756,699 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Selain itu, kapasitas produksi dapat ditentukan dengan melihat dari kapasitas industri yang telah berdiri. Adapun beberapa produsen *hexamethylenediamine* mancanegara yang telah berdiri adalah sebagai berikut :

Tabel 1.4 Data Kapasitas Produsen *Hexamethylenediamine* di Beberapa Negara

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Asahi KASEI	Nobeoka, Jepang	41.000
2.	BASF	Seal Sands, UK	125.000
3.	INVISTA	Shanghai, Cina	300.000
4.	Ascend	De catur, AL., USA	300.000
5.	Rhodia/INVISTA	Chalampe, Francis	500.000
6.	INVISTA	Orange, Texas, USA	254.000
7.	INVISTA	Victoria, Texas, USA	400.000

(Sumber : *Supply Chain-Based Category Strategies for Global Supply Networks*, 2021)

Berikut merupakan data perkembangan impor *hexamethylenediamine* di beberapa negara dalam kurun waktu tahun 2014 – 2020 sebagai berikut :

Tabel 1.5 Impor *Hexamethylenediamine* di Beberapa Negara

No	Negara	Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
1.	India	2014	601,3	-
		2015	640,4	0,065
		2016	618,8	-0,034
		2017	611,1	-0,012
		2018	592,3	-0,031
		2019	653,9	0,104
		2020	1.053,2	0,611
Rata-Rata Pertumbuhan				0,117
2.	China	2014	62.043,2	-
		2015	85.467,3	0,376
		2016	49.172,3	-0,425
		2017	48.204,7	-0,008
		2018	46.436,7	-0,037
		2019	51.231,3	0,103
		2020	60.436,6	0,179
Rata-rata Pertumbuhan				0,030

Tabel 1.5 Impor *Hexamethylenediamine* di Beberapa Negara (lanjutan)

No	Negara	Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
3.	Jepang	2014	63.872,7	-
		2015	59.712,3	-0,065
		2016	62.602,4	0,048
		2017	65.569,0	0,047
		2018	69.787,0	0,064
		2019	65.313,3	-0,064
		2020	47.349,3	-0,275
Rata-rata Pertumbuhan				-0,041

(Sumber : uncomtrade, 2014-2020)

Dari data persen pertumbuhan impor diatas, maka dapat diprediksikan pertumbuhan kebutuhan impor dibeberapa negara pada tahun 2025 -2027 mendatang, sehingga hal tersebut menjadi pertimbangan untuk nantinya digunakan sebagai proyeksi ketersediaan potensi ekspor dari pabrik *hexamethylenediamine* yang akan didirikan, berikut merupakan pertumbuhan kebutuhan impor dibeberapa negara pada tahun 2025 -2027 dapat dilihat pada tabel 1.6 sebagai berikut :

Tabel 1.6 Perhitungan Prediksi Impor Tahun 2025 – 2027

No	Negara	Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan
1.	India	2025	1.832,4	-
		2026	2.047	0,117
		2027	2.286,7	0,117
Rata-rata Pertumbuhan				0,117
2.	Cina	2025	70.031,8	-
		2026	72.126,4	0,030
		2027	74.283,6	0,030
Rata-rata Pertumbuhan				0,030
3.	Jepang	2025	38.467,9	-
		2026	36.902,5	-0,041
		2027	35.400,7	-0,041
Rata-rata Pertumbuhan				-0,041

Berdasarkan pada hasil analisa *supply-demand*, peluang kapasitas produksi *hexamethylenediamine* pada tahun 2027 yaitu sebesar 19.756,699 ton/tahun, sementara kapasitas terkecil pabrik *hexamethylenediamine* yang telah berdiri adalah sebesar 41.000 ton/tahun. Terlihat bahwa peluang kapasitas pendirian pabrik ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan pabrik *hexamethylenediamine* yang telah berdiri di mancanegara. Namun jika dilihat dari data permintaan impor pada beberapa negara, masih sangat banyak negara yang membutuhkan *hexamethylenediamine*. Sehingga dapat

ditentukan kapasitas pabrik *hexamethylenediamine* dengan mempertimbangkan pengurangan ketergantungan impor dalam negeri serta kelebihan produk akan diekspor untuk memenuhi kebutuhan impor di beberapa negara adalah 85% dari kapasitas pabrik terkecil yang sudah berdiri di mancanegara sebesar 41.000 ton/tahun yaitu $85\% \times 41.000 \text{ ton/tahun} = 34.850 \text{ ton/tahun}$.

Dari data hasil perhitungan perancangan pabrik *Hexamethylenediamine* ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 35.000 ton/tahun.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Hexametylenediamine (HMD)

Hexamethylenediamine (HMD) merupakan suatu senyawa organik yang memiliki rumus kimia $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ atau $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$. Molekulnya adalah diamina yang terdiri dari rantai hidrokarbon heksametilena yang diakhiri dengan gugus fungsi amina. *Hexamethylenediamine* memiliki sifat korosif terhadap logam, menghasilkan oksida nitrogen beracun selama pembakaran. Secara komersial, *hexamethylenediamine* adalah cairan tidak berwarna dengan kemurnian 98%-99% dan pengotor 1%-2% berupa air dan adiponitril. *Hexamethylenediamine* adalah komponen utama dalam produksi serat resin nilon 66, serat nilon 66, nilon 69 dan nilon 610. *Nylon-66* secara cepat mulai dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik. Di Indonesia, *nylon-66* banyak diperlukan untuk

pembuatan *nylon tire cord* (kain ban). Penggunaan *nylon tire cord* sangat meningkat seiring dengan berkembangnya produksi ban kendaraan. (Pubchem.com)

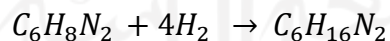
1.3.2. Macam-macam Proses

Proses pembuatan *Hexamethylenediamine* terdiri dari 3 macam proses, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku Adiponitril
2. Proses Aminasi dengan Bahan Baku 1,6 Hexanediol
3. Proses Aminasi dengan Bahan Baku Caprolactam

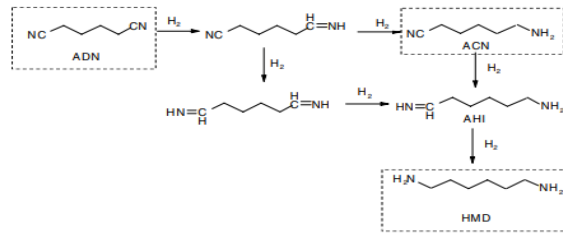
Berikut merupakan uraian dari proses pembuatan *hexamethylenediamine* adalah sebagai berikut :

Dalam proses ini, hidrogenasi adiponitril terjadi dalam beberapa langkah reaksi. Sejak tahun 1939, proses hidrogenasi komersial pertama menggunakan reaktor batch bertekanan tinggi dan amonia dengan katalis kobalt yang diresapi dengan tanah diatom. Reaksi yang relevan dapat digambarkan sebagai berikut :



Adiponitril + Hidrogen menjadi HMD

Berikut merupakan skema reaksi lengkap pembuatan *hexamethylenediamine* dari adiponitril menurut Joly-Vuillein pada tahun 1994 yang digambarkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Skema Reaksi

Kondisi operasi proses hidrogenasi, yaitu suhu dan tekanan, dan katalis menentukan laju relatif reaksi.

Hidrogenasi *Adiponitrile* menjadi *hexamethylenediamine* (HMD) bersifat sangat eksotermik dan membutuhkan media transfer energi. Dalam praktek komersial telah berhasil dilakukan dalam reaktor menggunakan penukar panas dengan media pendingin atau dengan meningkatkan suhu adiabatik dalam aliran reaktor. Untuk menghindari suhu yang berlebihan di dalam reaktor, diperlukan media yang mampu menurunkan suhu, seperti ammonia, NaOH atau hidrogen yang berlebihan.

Proses komersial dengan bahan baku Adiponitril yang digunakan dibagi menjadi dua macam kategori diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Hidrogenasi tekanan tinggi

Tekanan selama proses ini biasanya antara 3000 – 5000 lb_f/in² dan suhu sekitar 150 °C. Tingkat konversi reaktan bisa mencapai 99%. Katalis yang digunakan biasanya adalah katalis hidrogenasi kobalt. Semua peralatan di bagian sintesis utama harus dirancang untuk kebutuhan tekanan tinggi serta kebutuhan energi yang besar untuk proses kompresi bahan baku sampai pada tekanan yang tinggi.

b. Hidrogenasi tekanan rendah

Tekanan selama proses ini antara 300 – 500 lb_f/in² dan suhu antara 70 – 150 °C. Katalis yang digunakan adalah nikel Raney, dan konversinya adalah 99%. Pelarut seperti larutan basa (NaOH atau KOH) atau bahkan heksametilendiamine digunakan sebagai media reaksi. Proses tersebut dapat dilakukan secara kontinu dengan memasok katalis baru dan menambahkan unit regenerasi katalis yang beroperasi secara kontinu.

Berikut merupakan tabel perbandingan jenis proses pembuatan *hexamethylenediamine* diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 1.7 Perbandingan Jenis Proses Pembuatan HMD

Kriteria	Proses		
	Adiponitril (Hidrogenasi)	1,6 Hexanediol (Aminasi)	Caprolactam (Aminasi)
Suhu Reaksi	70 - 150 °C	200 - 250 °C	-
Tekanan	34 - 340 atm	200 atm	-
Fase Reaksi	gas	gas	Gas
Yield	99%	50%	93%
Konversi	95-99%	90-95%	93%
Dampak Lingkungan	Produk samping air hampir tidak ada (<i>treatment</i> relative mudah)	Produk samping air	<i>Impurities</i> (<i>treatment</i> relative sulit)

Berdasarkan Tabel 1.7, dapat dilihat bahwa proses pembuatan *Hexamethylenediamine* dengan proses hidrogenasi bahan baku Adiponitril memiliki nilai konversi yang lebih besar sehingga akan

lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses yang lainnya. Berikut terdapat tabel proses pembuatan HMD melalui proses hidrogenasi Adiponitril pada beberapa patent diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 1.8 Perbandingan Proses dan Operasi Kondisi HMD

Patent	US Patent No. 2,504,024 1950		US Patent No. 3,398,195 1968	US Patent WO 2012/139652 A1 2012
Proses	Produksi <i>Hexamethylenediamine</i> melalui Proses Hidrogenasi 1,4-dicyanobutene dalam Solvent Inert (air/ethanol)		Produksi <i>Hexamethylenediamine</i> melalui proses Hidrogenasi Adiponitril dalam medium Ammonia Cair	Produksi <i>Hexamethylenediamine</i> melalui proses Hidrogenasi Adiponitril dalam medium larutan alkali (NaOH/KOH)
Reaktan	<i>1,4-dicyanobutene</i> H ₂		Adiponitril H ₂	Adiponitril H ₂
Medium	Air atau Ethanol		NH ₃ Cair	Larutan NaOH
Katalis	Katalis Hidrogenasi Cobalt		Copper, Nikel atau Cobalt (Katalis Hidrogenasi Cobalt)	Raney-type (Raney-Nikel)
Reaktor	Tipe	<i>Vertical Bed Reactor</i>	<i>Vertical Bed Reactor</i>	<i>Tubular Reactor</i>
	Aliran	Co atau Counter Current	Co atau Counter Current	Co-Current
	Tekanan	272-612 atm	200-500 atm	19-34 atm
	Suhu	90 - 140 °C	85 - 150 °C	70 - 90 °C
	Konversi	94,5%	-	99,2%

1.3.3. Pemilihan Proses

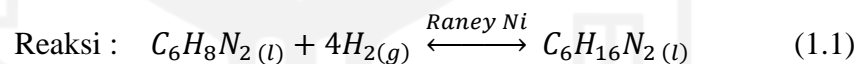
Berdasarkan tabel 1.7 dan 1.8, proses yang dipilih untuk pembuatan *Hexamethylenediamine* adalah proses hidrogenasi dengan

Adiponitril yang sesuai pada patent WO 2012/139652 A1 karena pada proses ini menghasilkan konversi yang paling tinggi daripada proses yang lain serta kondisi operasi (temperatur dan tekanan) reaktornya cukup rendah dan merupakan yang paling rendah dari proses yang lain.

1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1. Tinjauan Termodinamika

Pada tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat eksotermis atau endotermis dan reaksi berlangsung searah atau berlawanan arah. Untuk penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat diketahui dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K.



Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 1.9 sebagai berikut :

Tabel 1.9 Harga ΔH_f° pada masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
<i>Adiponitrile</i> ($C_6H_8N_2$)	149,500
Hidrogen (H_2)	0,000
<i>Hexamethylenediamine</i> ($C_6H_{16}N_2$)	-98,830

(Sumber : Yaws, 1990)

Setelah mengetahui nilai harga ΔH_f° pada masing-masing komponen, kemudian menghitung nilai enthalpy pada keseluruhan.

- Enthalpy Keseluruhan

$$\Delta H_{r(298)}^{\circ} = \Delta H_f^{\circ} \text{Produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{Reaktan}$$

$$\Delta H_{r(298)}^{\circ} = [\Delta H_f^{\circ}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)] - [\Delta H_f^{\circ}(\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2) + \Delta H_f^{\circ}(4\text{H}_2)]$$

$$\Delta H_{r(298)}^{\circ} = [(-98,83)] - [(149,50) + (4 \times 0)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_{r(298)}^{\circ} = -248,33 \text{ kJ/mol} = -248330 \text{ J/mol}$$

Setelah mengetahui nilai enthalpy secara keseluruhan, kemudian menghitung nilai Gibbs keseluruhan pada reaksi yang sama dengan suhu 298 K, berikut merupakan tabel harga energi Gibbs pada masing-masing komponen, diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 1.10 Harga ΔG_f° pada masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
<i>Adiponitrile</i> ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$)	253,310
Hidrogen (H_2)	0,000
<i>Hexamethylenediamine</i> ($\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$)	138,510

(Sumber : Yaws, 1990)

- Energi Gibbs Secara Keseluruhan

$$\Delta G_{r(298)}^{\circ} = \Delta G_f^{\circ} \text{Produk} - \Delta G_f^{\circ} \text{Reaktan}$$

$$\Delta G_{r(298)}^{\circ} = [\Delta G_f^{\circ}(\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2)] - [\Delta G_f^{\circ}(\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2) + \Delta G_f^{\circ}(4\text{H}_2)]$$

$$\Delta G_{r(298)}^{\circ} = [(138,51)] - [(253,31) + (4 \times 0)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G_{r(298)}^{\circ} = -114,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{r(298)}^{\circ} = -114800 \text{ J/mol}$$

Reaksi *Overall* dari proses pembuatan *Hexamethylenediamine* merupakan reaksi eksotermis dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke

kanan didapatkan nilai $\Delta H_r = -248,33$ kJ/mol artinya reaksi melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan sehingga kalor dari sistem berkurang. Sementara untuk nilai energi Gibbs yang didapatkan yaitu sebesar : $\Delta G_r^\circ = -114,8$ kJ/mol, dimana energi gibbs memiliki nilai negatif sehingga reaksi ini termasuk reaksi spontan.

Berdasarkan persamaan 15.14 dari Van Ness (1997), maka :

$$\ln K_1 = \left(\frac{-\Delta G_r^\circ}{T \cdot R} \right) \quad (1.2)$$

$$\ln K_1 = \frac{1}{T} x \frac{-(-114,8)}{8,314} \quad (1.3)$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{T} x 13,80803464} \quad (1.4)$$

Kontanta kesetimbangan (K_1) pada suhu 298 K dapat dihitung dengan persamaan (1.4) maka didapatkan

$$K_1 = e^{\frac{1}{T} x 13,80803464}$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{298} x 13,80803464}$$

$$K_1 = 1,047$$

Pada suhu 75 °C (348 K), besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.5)$$

Dengan menghitung menggunakan persamaan (1.5) maka didapatkan :

$$\ln \frac{K_2}{1,0474} = \left[-\frac{248,33}{8,314} \right] \left[\frac{1}{348} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{1,0474} = -0,014$$

$$\frac{K_2}{1,0474} = e^{-0,0144}$$

$$\frac{K_2}{1,0474} = 0,9857$$

$$K_2 = 1,032$$

Reaksi berjalan *irreversible* apabila nilai $K > 1$, dari hasil perhitungan nilai kesetimbangan K_1 sebesar 1,047 dan K_2 sebesar 1,032, sehingga hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible* karena nilai K positif (+).

1.4.2. Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia yang terjadi, seperti katalis, selektivitas, yield, dan laju kinetika.

1.4.2.1. Karakteristik Katalis

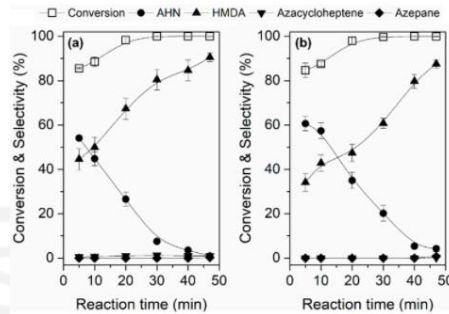
Pada katalis Raney Ni memiliki luas permukaan BET 29% lebih kecil dan volume pori 15% lebih rendah daripada katalis Raney Co. Diameter pori rata-rata dari katalis Raney Co adalah 10% lebih besar daripada katalis Raney Ni.

Tabel 1.11 Sifat Fisikakimia Katalis Raney Ni & Co

Katalis	Luas Permukaan BET ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	Volume Pori Total ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)	Diameter Pori Rata-rata (nm)	Serapan H_2 Irreversible (mmol g^{-1})	Serapan H_2 Reversible (mmol g^{-1})
Raney Ni	18,4	0,029	4,8	0,173	0,122
Raney Co	25,8	0,034	5,3	0,065	0,046

(Sumber : Younghyun, 2020)

1.4.2.2. Selektivitas dan Yield



Gambar 1.5 Konversi Adiponitril dan Selektivitas Produk untuk Hidrogenasi ADN

Berdasarkan gambar 1.5, dimana sebelah kiri merupakan selektivitas pada katalis Raney Ni dan sebelah kanan merupakan selektivitas pada Raney Co terhadap waktu reaksi. Untuk Katalis Raney Ni, konversi kuantitatif adiponitril dicapai dalam 47 menit, dengan AHN dan Selektivitas *hexamethylenediamine* masing-masing 1% dan 90,5%. Namun, untuk katalis Raney Co, selektivitas AHN dan *hexamethylenediamine* masing-masing adalah 4,3% dan 87,5%, dengan adiponitril kuantitatif konversi dalam 47 menit (Younghyun, 2020).

1.4.2.3. Laju Kinetika

1. Berdasarkan Mathieu, dkk (1992) :

Persamaan laju kinetik yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$r_H = \frac{2(k_1 K_{ADN} C_{ADN,s} + k_2 K_{ACN} C_{ACN,s}) K_H C_{H,s}}{(1 + K_{ADN} C_{ADN,s} + K_{ACN} C_{ACN,s}) [1 + (K_H C_{H,s})^{0,5}]^2} \quad (1.6)$$

Tabel 1.12 Parameter pada Pemodelan Persamaan Kinetik
(Mathieu, dkk., 1992)

Simbol	Satuan	Parameter Persamaan Kinetik
k_1	$\text{kmol}_{ADN}\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}$	$3500 \cdot \exp \frac{-42900}{R \cdot T}$
k_2	$\text{kmol}_{ACN}\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}$	$6900 \cdot \exp \frac{-45600}{R \cdot T}$
K_{ADN}	$\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$	$1,9 \cdot \exp \frac{170}{R \cdot T}$
K_{ACN}	$\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$	$66,2 \cdot \exp \frac{-6600}{R \cdot T}$
K_H	$\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$	$2,5 \cdot \exp \frac{-9100}{R \cdot T}$
E_1	kJ/mol	42,9
E_2	kJ/mol	45,6
ΔH_{ADN}	kJ/mol	-0,17
ΔH_{ACN}	kJ/mol	6,6
ΔH_H	kJ/mol	9,1

2. Berdasarkan Joly-Vuillemin, dkk (1994) :

Persamaan laju kinetik yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$r_{H_2} = \frac{2(k_1 C_{ADN,s} + k_2 \alpha_{ACN} C_{ACN,s}) \alpha_H \sqrt{C_H}}{(C_{ADN,s} + \alpha_{ACN} C_{ACN,s} + \alpha_H \sqrt{C_H})^2} \quad (1.7)$$

jika $1 < \sum K_i \cdot C_i$

Dimana : $\alpha_{ACN} = \frac{K_{ACN}}{K_{ADN}}$

$$\alpha_H = \frac{\sqrt{K_H}}{K_{ADN}}$$

Asumsi model kinetika adalah adsorpsi kompetitif dijelaskan dengan 4 konstanta. Nilai konstanta ini, dioptimalkan dengan pelarut yang lebih protik yang terdapat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Parameter pada Pemodelan Persamaan Kinetik (Joly-Vuillemin, dkk., 1994)

Simbol	Satuan	Parameter Persamaan Kinetik
k_1	$\text{kmol}_{\text{ADN}}\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}$	0,0032
k_2	$\text{kmol}_{\text{ACN}}\text{kg}^{-1}\text{s}^{-1}$	0,0006
α_{ACN}	$\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$	2,4
α_{H}	$\text{m}^3\text{kmol}^{-1}$	3,4
E_1	kJ/mol	28
E_2	kJ/mol	34,5

3. Berdasarkan Renzo, dkk (2005) :

Persamaan laju kinetik yang diperoleh sama dengan persamaan laju kinetik menurut Mathieu dengan menggunakan mekanisme reaksi *Langmuir-Hinselwood* yaitu sebagai berikut :

$$r_H = \frac{2(k_1 K_{\text{ADN}} C_{\text{ADN},s} + k_2 K_{\text{ACN}} C_{\text{ACN},s}) K_H C_{\text{H},s}}{(1 + K_{\text{ADN}} C_{\text{ADN},s} + K_{\text{ACN}} C_{\text{ACN},s}) [1 + (K_H C_{\text{H},s})^{0,5}]^2} \quad (1.8)$$

Konstanta Kinetika k_1 dan k_2 diperkirakan dengan bantuan menggunakan perangkat lunak yang meminimalkan dari data terdapat pada tabel 1.14.

Tabel 1.14 Parameter Kostanta Kinetika (Renzo, dkk., 2005)

Suhu (°C)	k_1 [kmol/(kg.h)]	k_2 [m ³ /(kg.h)]
72	$0,25 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,04$
92	$0,65 \pm 0,07$	$1,30 \pm 0,05$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai spesifikasi dan target pada perancangan ini, maka proses pembuatan *hexamethylenediamine* dengan menggunakan *Adiponitrile* sebagai bahan baku utamanya dapat dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan bahan pembantu serta pengendalian proses.

2.1. Spesifikasi Produk

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari produk akhir berupa *hexamethylenediamine* yang akan dihasilkan :

2.1.1. Sifat Fisika Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Produk
Nama Senyawa	<i>Hexamethylenediamine</i> (HMD)
Rumus Kimia	$C_6H_{16}N_2$
Berat Molekul, g/mol	116,200
Fase	Liquid
Kemurnian	98%
Titik Lebur, °C	42
Titik Didih, °C	204
Densitas, gr/cm ³	0,854 (pada 20 °C)
Viskositas, mPa	1,460 (pada 50 °C)
Tekanan Uap, kPa	0,003 (pada 20 °C)
Panas Pembakaran, Btu/lb	-12,200
Kelarutan	Larut dalam air dan alkohol

(Sumber : Perry, 1999)

2.1.2. Sifat Kimia Produk

Secara kimia, *hexamethylenediamine* memiliki sifat korosif, mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit serta saluran pernapasan. Dimana secara standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada *hexamethylenediamine* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Hazard Diamond* pada HMD

Berdasarkan Gambar 2.1, *hexamethylenediamine* dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

- a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Hexamethylenediamine tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa *hexamethylenediamine* dapat menyebabkan luka, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

- b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Hexamethylenediamine tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa *hexamethylenediamine* dapat terbakar pada pemanasan moderat, titik nyala api diantara 38 °C dan 93°C.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Hexamethylenediamine tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 1. Hal ini menunjukkan bahwa HMD memiliki reaktivitas yang stabil, namun pada tekanan dan suhu yang tinggi HMD dapat menjadi tidak stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Hexamethylenediamine tergolong ke dalam peringatan khusus pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa HMD tidak memiliki peringatan khusus (Fisher, 2015).

2.2. Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Berikut merupakan sifat fisika dan kimia dari bahan baku dan bahan pendukung yang akan dihasilkan :

2.2.1. Sifat Fisika Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi	Bahan Baku		Bahan Pendukung	
	<i>Adiponitrile</i>	Hidrogen	Raney Nikel	Natrium Hidroksida
Nama Senyawa				
Rumus Kimia	$C_6H_8N_2$	H_2	Ni	NaOH
Berat Molekul, g/mol	108,14	2,02	58,69	39,99
Fase	Cair	Gas	Padat	Padat
Titik Lebur, °C	1	-259,150	1452	323
Titik Didih, °C	295	-240,150	2732	1388
Suhu Kritis, °C	93	-240,150	638	2546,850
Densitas, gr/cm ³	0,965 (20 °C)	70,960	8,640	2,130
Viskositas, cP	9,100	14,300	-	78
Tekanan Uap, kPa	0,003 (20 °C)	12969,600	-	<2,400 (20 °C)
Kelarutan	Sedikit larut dalam air	Larut dalam logam	Tidak larut dalam air	Larut dalam air, metanol

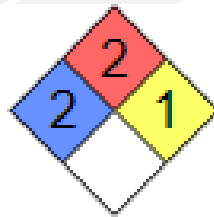
(Sumber : Perry, 1999)

2.2.2. Sifat Kimia Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Berikut merupakan sifat kimia dari bahan baku berupa adiponitril dan hidrogen, serta bahan pendukung yang merupakan katalis yang digunakan berupa Raney Ni dan NaOH sebagai bahan medium.

1. Sifat Kimia *Adiponitrile* ($C_6H_8N_2$)

Secara kimia, *Adiponitrile* memiliki sifat dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit serta saluran pernapasan. Dimana secara standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada *Adiponitrile* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Hazard Diamond* pada *Adiponitrile*

Berdasarkan Gambar 2.2, *Adiponitrile* dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Adiponitrile tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 2. Hal ini menunjukkan bahwa *Adiponitrile* masih bersifat aman apabila berada pada pengawasan. Adapun pada keadaan darurat, *Adiponitrile* dapat menyebabkan luka atau cedera ringan.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Adiponitrile tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat

2. Hal ini menunjukkan bahwa *Adiponitrile* dapat terbakar pada pemanasan moderat.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Adiponitrile tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat

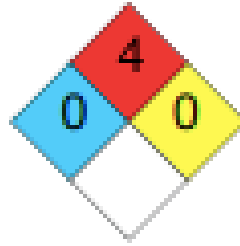
1. Hal ini menunjukkan bahwa *Adiponitrile* memiliki reaktivitas yang stabil, namun pada tekanan dan suhu yang tinggi *Adiponitrile* dapat menjadi tidak stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Adiponitrile tidak memiliki peringatan khusus (Kishida, 2020).

2. Sifat Kimia Hidrogen (H₂)

Secara kimia, hidrogen memiliki sifat yang berbahaya, sangat mudah terbakar, dapat menimbulkan ledakan apabila bereaksi dengan udara atau apabila dipanaskan, dapat menggantikan keberadaan oksigen dalam tubuh sehingga menyebabkan mati lemas secara mendadak, serta dapat terbakar dengan nyala api yang tidak terlihat. Dimana secara standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada hidrogen dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Hazard Diamond* pada Hidrogen

Sehingga, berdasarkan Gambar 2.3 di atas, hidrogen dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Hidrogen tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 0.

Hal ini menunjukkan bahwa hidrogen bersifat aman. Sehingga, tidak diperlukan suatu tindakan pencegahan secara khusus.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Hidrogen tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 4.

Hal ini menunjukkan bahwa hydrogen memiliki sifat yang sangat mudah menguap sehingga sangat mudah menyebar di udara sekitar.

Akibatnya, hidrogen dapat dengan sangat mudah terbakar bahkan pada kondisi suhu ruangan dan tekanan normal.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Hidrogen tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 0.

Hal ini menunjukkan bahwa hidrogen memiliki kondisi yang stabil bahkan apabila dalam kondisi terbakar sekalipun.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Hidrogen tidak memiliki peringatan khusus (Airgas, 2020).

3. Sifat Kimia Raney Nikel (Ni)

Berdasarkan standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada Raney Nikel dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Hazard Diamond* pada Raney Nikel

Sehingga, berdasarkan Gambar 2.4 di atas, katalis raney nikel dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Raney nikel tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat

2. Hal ini menunjukkan bahwa raney nikel masih bersifat aman apabila berada pada pengawasan. Adapun pada keadaan darurat, raney nikel dapat menyebabkan luka atau cedera ringan.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Raney nikel tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat

4. Hal ini menunjukkan bahwa raney nikel memiliki sifat yang sangat mudah menguap sehingga sangat mudah menyebar di udara sekitar. Akibatnya, hidrogen dapat dengan sangat mudah terbakar bahkan pada kondisi suhu ruangan dan tekanan normal.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

Raney nikel tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat

1. Hal ini menunjukkan bahwa raney nikel memiliki reaktivitas yang stabil, namun pada tekanan dan suhu yang tinggi raney nikel dapat menjadi tidak stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

Raney nikel tidak memiliki peringatan khusus (ThermoFisher, 2021).

4. Sifat Kimia NaOH

Secara kimia, NaOH memiliki sifat korosif, dapat menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata. Berdasarkan standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 704 atau yang dapat juga disebut sebagai simbol *Hazard Diamond*, tingkat bahaya pada NaOH dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Hazard Diamond* pada NaOH

Berdasarkan gambar 2.5, NaOH dapat tergolong ke dalam 4 hal sebagai berikut :

a. Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kesehatan pada tingkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH dapat menyebabkan luka, iritasi atau cedera sedang hingga serius apabila terpapar dalam kurun waktu yang singkat.

b. Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH tidak dapat terbakar.

c. Reaktivitas (Warna Kuning)

NaOH tergolong ke dalam bahaya reaktivitas pada tingkat 1. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH memiliki reaktivitas yang stabil, namun pada tekanan dan suhu yang tinggi NaOH dapat menjadi tidak stabil.

d. Peringatan Khusus (Warna Putih)

NaOH tidak memiliki peringatan khusus (LabChem, 2018).

2.3. Pengendalian Kualitas

Untuk memenuhi kualitas produk yang memenuhi standar maka dibutuhkan kualitas yang sudah sesuai dengan standar proses yang telah ditetapkan, pengawasan dan pengendalian terhadap proses melalui sistem kontrol sehingga diperoleh produk yang memiliki kualitas dan dapat dipasarkan. Pengendalian kualitas merupakan upaya untuk mempertahankan nilai kualitas suatu produk. Fungsi dari pengendalian kualitas adalah menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pengendalian kualitas yang akan dilakukan pada perancangan pabrik ini

berdasarkan pada spesifikasi bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang diharapkan (Donna. C.S. Summers,2017). Adapun pengendalian kualitas yang dilakukan adalah sebagai berikut:

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum proses produksi, analisa atau pengujian dilakukan terhadap bahan baku. Bahan baku terdiri dari *Adiponitrile* dan hidrogen. Tujuan pengujian ini dilakukan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan di dalam desain produksi. Pengujian yang dilakukan seperti kelarutan dalam air, densitas, titik lebur, dan lain sebagainya.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Bahan Pendukung

Bahan-bahan pendukung seperti katalis raney nikel, dan NaOH sebagai medium untuk proses pembuatan hexametyhlenediamine di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Adanya pengawasan dan pengendalian produksi yang dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan dan harus sudah dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, produk setengah jadi, maupun produk penunjang mutu proses.

Semua pengawasan ini dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2.3.4 Pengendalian proses produksi

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan sistem kontrol.

2.3.4.1 Alat sistem kontrol

Pengawasan dan pengendalian jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendali yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* maupun secara manual yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan indikator yang telah ditetapkan tersebut atau di *setting* baik itu *flow rate* bahan baku, produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan berupa: nyala lampu, bunyi alarm, dan sebagainya. Apabila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *setting* semula. Beberapa alat kontrol yang digunakan pada kondisi tertentu antara lain:

a. Temperature Control (TC)

Temperature Control merupakan alat kontrol yang berfungsi untuk mengontrol suhu dalam alat proses, yang apabila belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan akan menimbulkan masalah dan akan ditandai dengan isyarat berupa suara dan nyala lampu.

b. *Flow Control (FC)*

Flow Control merupakan alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan aliran fluida dalam pipa *line* atau unit proses lainnya. Pengukuran kecepatan aliran fluida dalam pipa biasanya diatu dengan mengatur output dari alat, yang mengakibatkan fluida mengalir dalam pipa *line*.

c. *Level Control (LC)*

Level Control merupakan alat yang dipakai untuk mengatur ketinggian (*level*) cairan dalam suatu alat dimana cairan tersebut bekerja. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi dari sebuah *control valve*, yaitu dengan mengatur laju cairan masuk atau keluar proses.

d. *Pressure Controller (PC)*

Pressure Controller merupakan alat yang dipasang untuk mengontrol tekanan pada sistem, dengan cara mengatur *set pressure* ke jumlah tertentu. *Control valve* dihubungkan dengan suatu saklar.

Jika pada suatu proses, tekanan naik lebih dari set point maka saklar akan aktif dan mematikan *control valve*.

2.3.4.2 Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*. Contohnya : (\neq)
- b. Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*. Contohnya : (----)

- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan *level*) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.5 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara sistem kontrol sehingga produk yang dihasilkan berkualitas dan dapat dipasarkan.

2.3.6 Pengendalian Kualitas Produk pada Waktu Pemindahan

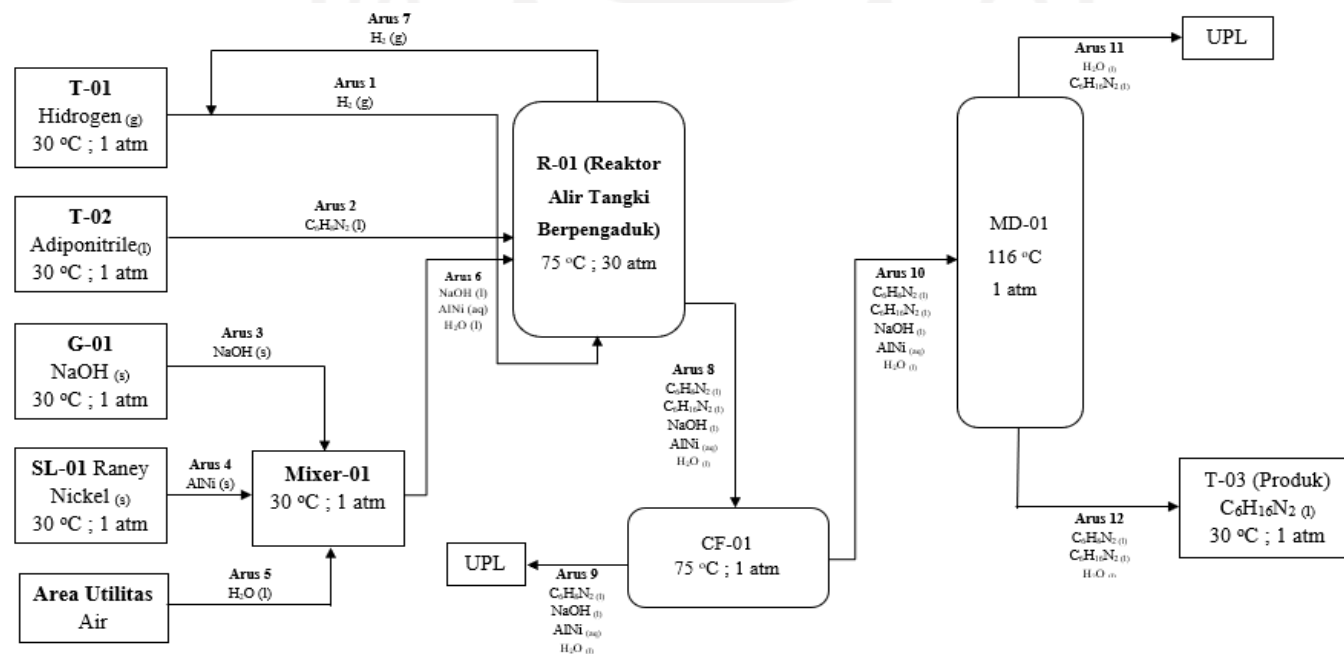
Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan dari satu tempat ke tempat lain yaitu berupa pengawasan produk terutama *hexametyhlenediamine* pada saat akan dipindahkan dari tangki penyimpanan sementara (*day tank*) ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk dan ke kapal. Sebelum melalui proses pengiriman, dilakukan proses pengecekan kualitas (*quality checking*) untuk memastikan kualitas produk sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

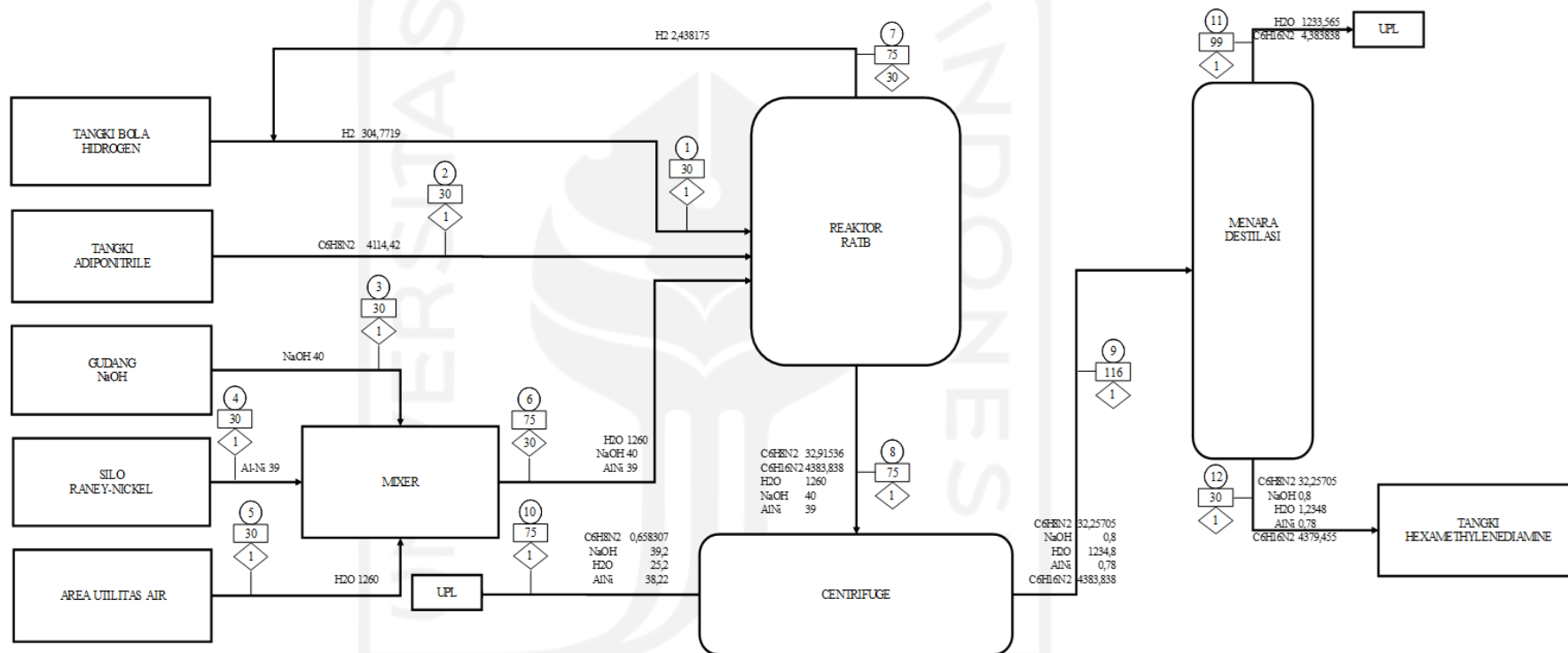
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif Produksi *Hexamethylenediamine*

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif Produksi *Hexamethylenediamine*

3.2 Uraian Proses

Pembuatan *Hexamethylenediamine* (HMD) ini diproduksi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dari bahan baku *Adiponitrile* dan Hidrogen dengan bantuan katalis Raney-Nikel (AlNi) dengan metode hidrogenasi. Dalam pembuatannya dibutuhkan medium untuk menjalankan proses hidrogenasi, adapun komponen penyusun mediumnya meliputi: NaOH, H₂O, dan campuran dari Raney-Nikel. Dalam menghasilkan HMD yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama 1 tahun.. Proses yang terjadi dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

- a. Persiapan bahan baku dan bahan pembantu
- b. Proses reaksi pembuatan produk
- c. Proses pemisahan dan pemurnian produk

3.2.1 Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pembantu

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

- a) Hidrogen (H₂)

Hidrogen merupakan salah satu komponen utama yang menjalankan mekanisme pada proses hidrogenasi, dimana sebelum dimasukkan kedalam reaktor, hidrogen yang telah disimpan dalam T-01 dengan jenis *spherical tank* yang akan dialirkan menuju kompresor untuk menaikkan tekanan hingga 30 atm. Kemudian setelah tekanan dinaikan, gas hidrogen akan dialirkan menuju Heater-01 untuk nantinya dipanaskan menuju suhu operasi sebesar 75°C. Setelah itu komponen yang sudah disiapkan kedalam kondisi operasi,

nantinya akan dialirkan menuju sparger untuk mengalirkan aliran gas kedalam medium proses.

b) *Adiponitrile* ($C_6H_8N_2$)

Adiponitrile merupakan bahan baku utama yang digunakan sebagai pembentukan *Hexamethylenediamine*, dimana ADN sendiri akan disimpan pada T-02 dengan suhu operasi 1 atm dan 30°C. Saat operasi akan dimulai, ADN akan dialirkan oleh pompa (P-01) menuju heater untuk nantinya dinaikan tekanan dan suhunya sesuai dengan tekanan operasi. Kemudian ADN yang sudah memenuhi kondisi operasi akan dialirkan menuju reaktor dan bercampur dengan komponen medium yang sudah lebih dahulu masuk kedalam reaktor saat proses *start-up*.

c) NaOH

Merupakan komponen penunjang yang bersifat membantu dalam mekanisme pembuatan medium, biasa dikenal dengan sebutan *Caustic Soda*. NaOH pada pabrik kami akan disimpan didalam Gudang tertutup, dengan tujuan untuk mencegah sifat komponen yang sangat Higroskopis, sehingga apabila diletakan didalam silo yang memiliki head yang terbuka, dikhawatirkan bahwa nantinya fasa yang dimiliki oleh NaOH akan berubah menjadi cair dari yang sebelumnya merupakan fasa padat. Kemudian NaOH akan dibawa menuju Mixer-01 dengan bantuan dari *Screw Conveyor-01*.

d) H₂O (Air)

Merupakan komponen utama yang menjadi bagian utama dalam medium reaksi, dimana air yang berada pada suhu operasi kamar, nantinya akan dialirkan oleh Pompa-02 untuk menuju Mixer-01.

e) Raney-Nikel (AlNi)

Merupakan komponen katalis yang membantu mekanisme pembuatan proses medium, nilai dari perbandingan komponen ini sesuai dengan keterangan pada paten US 3821305, dimana dijelaskan pembagian komponen penyusun medium untuk Raney Nikel : NaOH : Air masing-masing perbandingan molnya adalah 3:1:70. Raney Nikel yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan pada paten, nantinya akan dialirkan oleh *Screw Conveyor-02*.

3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Produk

Dalam pembuatan *Hexamethylenediamine* dari *Adiponitrile* dan Katalis Raney-Nikel ini, metode yang digunakan adalah Hidrogenasi. Dimana secara sederhana, komponen bahan baku nantinya akan direaksikan dengan bantuan dari Hidrogen. Dalam perancangan pabrik kami, diketahui sebelum melakukan proses hidrogenasi diperlukan adanya medium yang menjadi aliran proses. Medium sendiri terdiri dari campuran Air, NaOH, dan Raney Nikel (AlNi). Pada saat pabrik akan melakukan operasi, maka Medium akan dimasukkan kedalam reaktor terlebih dahulu, yang mana tujuan dari penyalaan tersebut menjadi medium awal reaksi, lalu komponen *adiponitrile* akan dimasukkan kedalam reaktor sesuai dengan suhu dan waktu operasi, kemudian aliran H₂

akan dimasukkan kedalam reaktor. Reaktor yang digunakan merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang bekerja pada suhu 75 °C dan tekanan 30 atm. Konversi dalam reaktor mencapai 90%. Reaksi yang terjadi antara *adiponitrile* dengan gas Hidrogen bersifat eksotermis dan berjalan secara satu arah (*irreversible*), sehingga suhu dalam reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Untuk menjaga suhu reaksi, maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Hasil keluaran dari reaktor yaitu produk utama berupa *Hexamethylenediamine* serta sisa bahan baku berupa *Adiponitrile*, gas Hidrogen, katalis Raney Ni, serta NaOH.

3.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran atas berupa fase gas yang akan dialirkan menuju kompressor untuk kembali *direcycle*. Sementara semua larutan yang keluar dari reaktor dialirkan kedalam *Centrifuge* dimana alat ini berfungsi untuk memisahkan padatan dan cairan dari hasil bawah reaktor. Pemisahan menggunakan *Centrifuge* ini memiliki efisiensi sebesar 98%. Padatan berupa katalis Raney-Ni (AlNi) dan 2% komponen cairan yang terikat pada cake padatan, kemudian cake akan dialirkan menggunakan *rotary pump* menuju UPL, sementara filtrat akan dialirkan menggunakan pompa (P-05), kemudian diumpakan menuju Menara Distilasi (MD-01).

Pada Menara Distilasi (MD-01) untuk memisahkan keluaran dari *centrifuge*, H₂O sebagai *Light Component* (LK) dan Produk *hexamethylenediamine* sebagai *Heavy Component* (HK). Arus keluaran dari MD-01 terdapat 2 arus, yaitu arus atas yang mengandung air sebesar 99,9%

dan sedikit *hexamethylenediamine*. Hasil keluaran atas akan dialirkan menggunakan pompa (P-07) menuju UPL. Sementara arus bawah yang mengandung banyak *hexamethylenediamine*, serta sedikit *Adiponitrile* dan air, kemudian akan dialirkan menggunakan pompa (P-06) menuju tangki penyimpanan (T-03) sebagai produk utama yang memiliki spesifikasi sebesar 99,2%

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor 1

Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan <i>Adiponitrile</i> dengan gas Hidrogen dengan bantuan Katalis Raney-Ni dan medium berupa NaOH dan Air
Jenis/Tipe	: Reaktor Tangki Alir Berpengaduk
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga	: Rp 1.290.052.022

Kondisi Operasi

Suhu	: 75 °C
Tekanan	: 30 atm
Kondisi Proses	: Isothermal

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Diameter (ID) *shell* : 3,575 m

Tebal *shell* : 2,75 in

Tinggi Total : 7,441 m

Jenis head : *Elipsoidal Dished Head*

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk : *Turbine with 6 Flat Blades*

Diameter Pengaduk : 1,192 m

Kecepatan Pengadukan : 64,067 rpm

Power Pengadukan : 8,948 HP

Jumlah *baffle* : 4

Lebar *baffle* : 0,203 m

Mode Transfer Panas

- U_D : 18,232 Btu/Jam. ft². F
- Luas area transfer panas : 40,307 m²
- Dimensi Jacket Pendingin
 - ID Jacket Pendingin : 160 in
 - *Schedule Number* : 40
 - Tebal Jacket : 0,076 m
 - Tinggi *Bottom* Jacket : 1,207 m

3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah

a. Mixer

Nama dan Kode	: Mixer / M-01
Fungsi	: Mencampurkan antara katalis Raney-Ni (AlNi) dan medium (NaOH & H ₂ O)
Jenis	: <i>Torispherical flanged and dished head</i> dengan pengaduk <i>Flat Six Blade Turbine</i> <i>Impeller</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Kondisi Operasi	: $T_{in} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{out} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $P = 1\text{ atm}$
Diameter	: 0,597 m
Tinggi Tangki	: 0,904 m
Volume	: 0,195 m ³
Tebal Shell	: 0,188 in
Tebal Head	: 0,188 in
Diameter Pengaduk	: 0,179 m
Kecepatan Pengaduk	: 273,361 rpm
Tenaga Pengaduk	: 0,050 HP
Harga	: Rp. 979.571.210,-

b. Centrifuge

Nama dan Kode	: Centrifuge / CF-01
Fungsi	: Memisahkan <i>slurry</i> Katalis Raney-Ni (AlNi) komponen fase cair.
Jenis	: <i>Solid Bowl</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Kondisi Operasi	: 75 °C, 1 atm
Densitas Cairan	: 748,610 kg/m ³
Densitas <i>Slurry</i>	: 5009,462 kg/m ³
Diameter <i>Bowl</i>	: 6 in
Panjang <i>Bowl</i>	: 12 in
<i>Speed</i>	: 8000 rpm
<i>Power</i>	: 5 HP
Harga	: Rp. 451.158.980,-

c. Menara Distilasi

Nama dan Kode	: Menara Distilasi (MD-01)
Fungsi	: Untuk memisahkan komponen H ₂ O sebagai keluaran top (distilat) dan C ₆ H ₁₆ N ₂ serta C ₆ H ₈ N ₂ sebagai keluaran bottom (residu).
Jenis	: <i>Plate Tower (Sieve Tray)</i> berbentuk <i>Torispherical Roof</i>

Material : *Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316*

Kondisi Operasi

- a. Umpan : 116 °C, 1 atm
- b. Distilat : 99 °C, 1 atm
- c. *Bottom* : 211 °C, 1,3 atm

Spesifikasi

▪ *Shell*

- a. Diameter : 0,871 m
- b. Tinggi : 4,018 m
- c. Tebal : 0,145 in

▪ *Head*

- a. Jenis : *Torispherical dished head*
- b. Tinggi : 8,075 m
- c. Tebal : 0,160 in

Untuk Tipe Tray

- a. Jenis Tray : *Sieve Tray*
- b. Tebal Tray : 0,003 m
- c. Jumlah Plate Aktual : 5 buah
- d. Diameter *Hole* : 0,005 m
- e. Jumlah *Tray* : 1
- f. *Tray Spacing* : 0,450 m
- g. Jumlah Lubang : 2306,846 buah

Jumlah : 1 Buah

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Bakum, Bahan Pendukung & Produk

Tangki	T-01	T-02	T-03	SL-01	G-01
Fungsi	Menyimpan Kebutuhan Bahan Baku H ₂	Menyimpan Kebutuhan <i>Adiponitrile</i> (C ₆ H ₈ N ₂)	Menyimpan Produk <i>Hexamethylenediamine</i> (C ₆ H ₁₆ N ₂)	Menyimpan Kebutuhan Katalis Raney-Ni (AlNi)	Menyimpan Kebutuhan Natrium Hidroksida (NaOH)
Lama Penyimpanan	14 Hari	7 Hari	7 Hari	7 Hari	14 Hari
Fasa	Gas	Cair	Cair	Padat	Padat
Jumlah Tangki	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah
Jenis Tangki	<i>Spherical Tank</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap <i>torispherical roof</i>	Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap <i>torispherical roof</i>	Silinder tegak dengan <i>conical bottom</i> dan <i>flat head</i>	-
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi					
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steels SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steels SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steels SA-283 Grade C</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	-
Volume (m³)	1366,897	884,624	1263,718	7,298	6000
Diameter (m)	13,772	13,720	12,190	1,625	-
Tinggi Total (m)	8,512	7,903	11,299	2,426	20
Jumlah Course	-	3,000	5,000	-	-
Tebal Shell (in)	0,188	1,000	1,000	0,188	-
Head & Bottom					
Jenis Head	-	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Flat head</i>	-
Tebal Head (in)	-	0,750	0,625	0,250	Panjang = 20 m
Jenis Bottom	-	<i>Flat Bottom</i>	<i>Flat Bottom</i>	<i>Conical Bottom</i>	Lebar = 15 m
Tebal Bottom (in)	-	0,750	0,750	0,750	Luas = 300 m ²
Harga (Rupiah)	Rp. 3.931.479.695	Rp. 3.184.378.965	Rp. 1.833.992.155	Rp. 1.205.150.700	Rp. 250.000.000

3.3.4 Spesifikasi *Expansion Valve* dan *Compressor*

Tabel 3.2 Spesifikasi *Expansion Valve* dan *Compressor*

Nama	<i>Expansion Valve 01</i>	<i>Expansion Valve 02</i>	<i>Expansion Valve 03</i>	<i>Compressor 01</i>
Kode	(EV-01)	(EV-02)	(EV-03)	(K-01)
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran reaktor-01 untuk diumpankan ke CF-01	Menurunkan tekanan keluaran reaktor-01 untuk diumpankan ke CF-01	Menurunkan tekanan keluaran RB-01 untuk diumpankan ke Tangki-03	Menaikkan tekanan gas Hidrogen dari Tangki-01 untuk diumpankan ke R-01
Jenis	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>	
Material	<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 11 type 316</i>
Kondisi Operasi	T (°C)	75	75	211
	P in (atm)	30	6	1,300
	P out (atm)	6	1	1
Ukuran Pipa	ID (in)	1,380	1,380	1,380
	OD (in)	1,660	1,660	1,660
	SCH	40	40	40
	IPS (in)	1,250	1,250	1,250
	Luas (in ²)	1,500	1,500	1,500
Panjang Ekuivalen (m)	10,668	10,668	10,972	-
Daya (Hp)	-	-	-	475,599
Jumlah	1	1	1	1
Harga (Rp)	11.187.636,-	11.187.636,-	638.276.654	2.373.328.100,-

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Wujud Bahan	Padatan		
Jenis Alat	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Hopper</i>
Kode	SC-01	SC-02	H-01
Fungsi	Mengangkut NaOH padat menuju <i>mixer-01</i>	Mengangkut katalis Raney-Ni (AlNi) padat menuju <i>mixer-01</i>	<i>Input</i> NaOH dari gudang penyimpanan menuju SC-01
Kondisi Operasi			
Tekanan	1 atm		
Suhu	30 °C		
Bentuk Bahan	<i>Crystal</i>	<i>Powder</i>	<i>Crystal</i>
Jenis Conveyor	<i>Horizontal Screw Conveyor</i>	<i>Horizontal Screw Conveyor</i>	Tangki Silinder dengan <i>Conical Bottom</i>
Spesifikasi			
Kapasitas	5 ton/jam	5 ton/jam	$V = 0,026 \text{ m}^3$
Speed	40 rpm	40 rpm	-
Motor Power	0,430 Hp	0,430 Hp	-
Panjang	4,570 m	4,570 m	$h = 0,343 \text{ m}$
Diameter	9 in	9 in	1,018 in
Material Construction	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>SA-240 Grade C</i>
Harga (Rupiah)	Rp. 67.840.880	Rp. 67.840.880	Rp. 9.270.390

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan

Spesifikasi	Pompa						
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07
Fungsi	Mengalirkan dan menaikkan tekanan $C_6H_8N_2$ menuju R-01	Mengalirkan H_2O menuju Mixer-01	Mengalirkan $NaOH$, H_2O & Raney-Ni menuju R-01	Mengalirkan hasil keluaran cair CF-01 menuju MD-01	Mengalirkan hasil keluaran cake CF-01 menuju UPL	Mengalirkan umpan dari RB-01 menuju T-02	Mengalirkan umpan dari ACC-01 menuju UPL
Kondisi Operasi							
Viskositas (cP)	5,357	0,818	71,513	0,807	159,305	0,213	0,282
Kapasitas (m^3/jam)	5,163	1,478	1,199	9,061	0,025	9,041	1,555
<i>Pump Head (m)</i>	13,392	5,412	8,873	5,882	3,097	5,870	3,051
Suhu Fluida ($^{\circ}C$)	30	30	32	75	75	211	99
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>						
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>						
Efisiensi Pompa	46%	40%	40%	58%	30%	57%	40%
Daya Motor (HP)	0,750	0,250	0,250	0,300	0,050	0,300	0,250
Jumlah	2	2	2	2	2	2	2
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Harga (Rp)	107.009.350	107.009.350	107.009.350	107.009.350	107.009.350	107.009.350	107.009.350

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Condensor (CD-01)*

Tabel 3.5 Spesifikasi *condensor (CD-01)*

Fungsi	Mengembunkan hasil keluaran atas Menara Distilasi (MD-01)	
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Tipe	Air Pendingin	
Kondisi Operasi		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	116 °C
Suhu Keluar	40 °C	99 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	5.714.517,843 Btu/jam	
Mechanical Design		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang		24 ft
Passes	1	4
BWG		18 ft
Baffle	11,437 in	
ID	15,250 in	0,902 in
OD		1 in
Nt		50 buah
<i>Pressure Drop</i>	0,002 psi	8,230 psi
Rd	0,005 Btu/Jam Ft ² F	
Harga (Rp)	392.293.800,-	

b. *Reboiler (RB-01)*

Tabel 3.6 Spesifikasi reboiler (RB-01)

Fungsi	Menguapkan hasil bawah keluaran Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Tipe	Steam

Tabel 3.6 Spesifikasi reboiler (RB-01) (Lanjutan)

Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Inner Pipe</i>
Suhu Masuk	178 °C	300°C
Suhu Keluar	211 °C	300°C
Tekanan	1,3 atm	
Beban Panas	6.786.021,18 Btu/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Inner Pipe</i>
Panjang	15 ft	
Hairpin	26 Buah	
ID	3,068 in	2,067 in
OD	3,500 in	2,380 in
A	2,930 in ²	3,350 in ²
<i>Pressure Drop</i>	0,148 psi	4,158 psi
Rd	0,009 Btu/Jam Ft ² F	
Harga (Rp)	296.399.760,-	

c. **Heater (HE-01)**

Tabel 3.7 Spesifikasi Heater (HE-01)

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran Pompa-01 menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	211 °C
Suhu Keluar	75 °C	211 °C
Tekanan	30 atm	30 atm
Beban Panas	265824,0031 Btu/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	4,572 m	
ID	0,078 m	0,102 m
OD	0,089 m	0,114 m
A	0,002 m ²	0,005 m ²
<i>Pressure Drop</i>	3,912 psi	0,000004 psi
Jumlah Hairpin	1 Buah	
Rd	0,006 hr ft ² °F/Btu	
Harga	Rp. 36.688.920	

d. *Heater (HE-02)*

Tabel 3.8 Spesifikasi *Heater (HE-02)*

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran <i>Mixer-01</i> menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	211 °C
Suhu Keluar	75 °C	211 °C
Tekanan	30 atm	30 atm
Beban Panas	229223,6635 Btu/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	4,572 m	
ID	0,078 m	0,102 m
OD	0,089 m	0,114 m
A	0,002 m ²	0,005 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,008 psi	0,000002 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	1 Buah	
Rd	0,002 hr ft ² °F/Btu	
Harga	Rp. 36.688.920	

e. *Heater (HE-03)*

Tabel 3.9 Spesifikasi *Heater (HE-03)*

Fungsi	Memanaskan hasil keluaran CF-01 menuju MD-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	75 °C	211 °C
Suhu Keluar	116 °C	211 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban Panas	534.058,940 Btu/jam	

Tabel 3.9 Spesifikasi *Heater* (HE-03) (Lanjutan)

<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	4,572 m	
ID	0,078 m	0,102 m
OD	0,089 m	0,114 m
A	0,002 m ²	0,005 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,303 psi	0,000002 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	1 Buah	
Rd	0,002 hr ft ² °F/Btu	
Harga	Rp. 36.688.920	

f. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3.10 Spesifikasi *Cooler* (CL-01)

Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran Kompresor-01 menuju Reaktor-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	Air Pendingin	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	224 °C	25 °C
Suhu Keluar	75 °C	50 °C
Tekanan	30 atm	30 atm
Beban Panas	627419,2034 Btu/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	4,572 m	
ID	0,102 m	0,078 m
OD	0,114 m	0,089 m
A	0,002 m ²	0,005 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,133 psi	0,005 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	26 Buah	
Rd	0,002 hr ft ² °F/Btu	
Harga	Rp. 167.945.335,-	

g. *Cooler (CL-02)*

Tabel 3.11 Spesifikasi *Cooler (CL-02)*

Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran RB-01 menuju T-02	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	Air Pendingin	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	211 °C	25 °C
Suhu Keluar	30 °C	50 °C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban Panas	205438,10 Btu/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	6,096 m	
ID	0,102 m	0,078 m
OD	0,114 m	0,089 m
A	0,002 m ²	0,005 m ²
<i>Pressure Drop</i>	0,727 psi	0,0002 psi
Jumlah <i>Hairpin</i>	6 Buah	
Rd	0,002 hr ft ² °F/Btu	
Harga	Rp. 167.945.335,-	

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.12 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
C ₆ H ₈ N ₂	4414,420	32,915
H ₂	304,772	2,438
C ₆ H ₁₆ N ₂	0	4383,838
H ₂ O	1260	1260
Raney-Ni (AlNi)	39	39
NaOH	40	40
Total	5758,192	5758,192

3.4.2 Neraca Massa Alat

a. Mixer 01 (M-01)

Tabel 3.13 Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
NaOH	40	0	0	40
H ₂ O	0	1260	0	1260
Raney-Ni (AlNi)	0	0	39	39
Total	1339			1339

b. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3.14 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 6	Arus 7	Arus 8
H ₂	304,770	0	0	2,440	0
C ₆ H ₈ N ₂	0	4114,420	0	0	32,920
NaOH	0	0	40	0	40
Raney-Ni (AlNi)	0	0	39	0	39
H ₂ O	0	0	1260	0	1260
C ₆ H ₁₆ N ₂	0	0	0	0	4383,840
Total	5758,190			5758,190	

c. Centrifuge 01 (CF-01)

Tabel 3.15 Neraca Massa Centrifuge (CF-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C ₆ H ₈ N ₂	32,900	0,660	32,260
NaOH	40	39,200	0,800
Raney-Ni (AlNi)	39	38,220	0,780
H ₂ O	1260	25,200	1234,800
C ₆ H ₁₆ N ₂	4383,800	0	4383,840
Total	5755,800	5755,800	

d. Menara Distilasi 01 (MD-01)

Tabel 3.16 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
C ₆ H ₈ N ₂	32,260	0	32,260
NaOH	0,800	0	0,800
Raney-Ni (AlNi)	0,780	0	0,780
H ₂ O	1234,800	1233,560	1,240
C ₆ H ₁₆ N ₂	4383,840	4,380	4379,460
Total	5652,500	5652,500	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3.17 Neraca Panas Total

Alat	Q Masuk(Kj/jam)	Q Keluar (Kj/Jam)
<i>Mixer-01</i>	26.824,600	26.824,600
Reaktor-01	1.252.789,858	1.252.789,858
<i>Centrifuge-01</i>	754.616,559	754.616,559
Menara Distilasi 01	8.682.954,870	8.682.954,870
Total	10.717.185,887	10.717.185,887

3.5.2 Neraca Panas Alat

a. *Mixer 01* (M-01)

Tabel 3.18 Neraca Panas *Mixer* (M-01)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q ₁	26.824,600	-
Q ₂	-	26.824,600
Total	26.824,600	26.824,600

b. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3.19 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q ₁	799.369,990	-
Q ₂	-	838.785,050
Q Reaksi	453.419,870	-
Q Pendingin	-	414.004,810
Total	1.252.789,860	1.252.789,860

c. Centrifuge 01 (CF-01)

Tabel 3.20 Neraca Panas *Centrifuge* (CF-01)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q ₁	754.616,560	-
Q ₂	-	754.616,560
Total	754.616,560	754.616,560

d. Menara Distilasi 01 (MD-01)

Tabel 3.21 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _(umpan)	1.528.113,440	-
Q _(distilat)	-	384.820,330
Q _(bottom)	-	2.273.032,650
Q _(reboiler)	7.154.841,430	-
Q _(condensor)	-	6.025.101,890
Total	8.682.954,870	8.682.954,870

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan faktor yang sangat penting sehingga harus direncanakan dengan baik dan tepat karena sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari pabrik yang akan didirikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah letak geografis pada suatu pabrik yang dapat memaksimalkan proses produksi dan kegiatan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan, sehingga dapat menekan kebutuhan ekonomi. Selain itu, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat disekitar lokasi. Dengan pertimbangan diatas Perancangan Pabrik *Hexamethylenediamine* kapasitas 35.000 ton/tahun ini akan didirikan di daerah kawasan industri Ciwandan, Cilegon, Banten.



Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik

4.1.1. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku diperlukan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku dalam pembuatan pabrik *hexamethylenediamine* adalah *Adiponitrile* dan gas hidrogen. Dimana *Adiponitrile* diperoleh dengan mengimport dari perusahaan bernama INVISTA yang berasal China, Asahi KASEI yang berasal dari Jepang, BASF yang berasal dari UK. Sementara gas hidrogen diperoleh dari pembelian secara langsung pada PT. Air Liquide Indonesia yang juga terletak di daerah Kawasan Industri Ciwandan, Cilegon.

4.1.2. Pemasaran Produk

Target pasar produk pabrik ini adalah pemenuhan kebutuhan *hexamethylenediamine* dalam negeri maupun luar negeri, yang mana *hexamethylenediamine* digunakan sebagai komponen utama dalam produksi *Nylon-66*. *Nylon-66* secara cepat mulai dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik. Di Indonesia, nylon-66 banyak diperlukan untuk pembuatan nylon tire cord (kain ban). 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 Cilegon, Banten termasuk kawasan industri yang ditetapkan pemerintah dimana tersedia lahan dan infrastruktur yang memadai seperti jalan raya yang memudahkan transportasi maupun pendistribusian produk ke tujuan melalui jalur darat,

lokasi dekat dengan pelabuhan Merak dan pelabuhan Cigading yang memudahkan akses pengiriman bahan baku *import* dan pendistribusian produk untuk *eksport* ke luar negeri melalui jalur laut. Untuk telekomunikasi seperti jaringan telepon, dan internet sudah tersedia.

4.1.4. Utilitas

Untuk kelancaran operasi pabrik, perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti air, listrik dan bahan bakar, agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Ciwandan, Cilegon, Banten, dekat dengan sumber air yaitu sungai Berung yang mempunyai debit air cukup besar dengan fluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau relatif kecil. Sumber tenaga listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator pabrik sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan. Bahan bakar generator yaitu solar diperoleh dari Pertamina.

4.1.5. Tenaga Kerja

Jumlah kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi, baik dari sekitar lokasi maupun luar lokasi pabrik. Jumlah dan keterampilan tenaga kerja harus sesuai dengan kriteria perusahaan. Selain itu, perlu dipertimbangkan gaji minimum di daerah tersebut, jumlah waktu kerja, adanya industri lain di daerah tersebut, keanekaragaman keterampilan, pendidikan masyarakat sekitar dan lain-lain. Dengan adanya pembangunan pabrik baru di daerah tersebut diharapkan dapat menurunkan angka TPT (Tingkat Pengangguran Terbuka).

4.1.6. Keadaan Iklim

Wilayah Cilegon. Banten merupakan salah satu wilayah yang direncanakan oleh pemerintah menjadi pusat pengembangan wilayah industri. Suhu normal daerah tersebut sekitar 23 °C – 32 °C, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

4.1.7. Lingkungan dan Masyarakat

Sikap dari masyarakat sekitar cukup baik dengan adanya pabrik baru. Hal tersebut disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Selain itu, pendirian pabrik ini tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat karena dampak serta faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum berdirinya pabrik ini.

4.1.8. Limbah Industri

Limbah pabrik sudah diminimalisir dengan pengolahan limbah di area pabrik, oleh karena itu limbah di pabrik ini sudah memenuhi standar AMDAL untuk dikembalikan ke lingkungan.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu tata cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik guna melancarkan proses produksi. Tata letak pabrik meliputi rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik meliputi kantor, gudang, kamar serta semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk.

Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik (Peters, 2004):

- a. Urutan rangkaian proses produksi,
- b. Perluasan lokasi pabrik,
- c. Distribusi ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, steam process, serta tenaga listrik,
- d. Pemeliharaan serta perbaikan komponen-komponen dalam pabrik,
- e. Keamanan (*safety*) dan keselamatan kerja,
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, serta konstruksi bangunan yang telah memenuhi syarat.
- g. Perencanaan tata letak pabrik yang fleksibel dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses ataupun mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak membutuhkan biaya yang mahal.
- h. Pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan sebagainya diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari lokasi kerja.

Berikut merupakan beberapa keuntungan pengaturan tata pabrik yang baik (Peters, 2004):

- Mengurangi jarak antara transportasi dan produksi, sehingga dapat mengurangi material *handling*.
- Mengurangi biaya produksi, meningkatkan keselamatan kerja.

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

1) Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

2) Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakkan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

3) Luas Area yang tersedia

Harga tanah yang menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

4) Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

5) Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

6) Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu:

a) Daerah Administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari :

- Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
- Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, kantin, dan masjid.

b) Daerah Proses dan Perluasan

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

c) Daerah Pergudangan, Bengkel, Garasi dan *Loading Space*

d) Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran

Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

e) Daerah Pengolahan Limbah

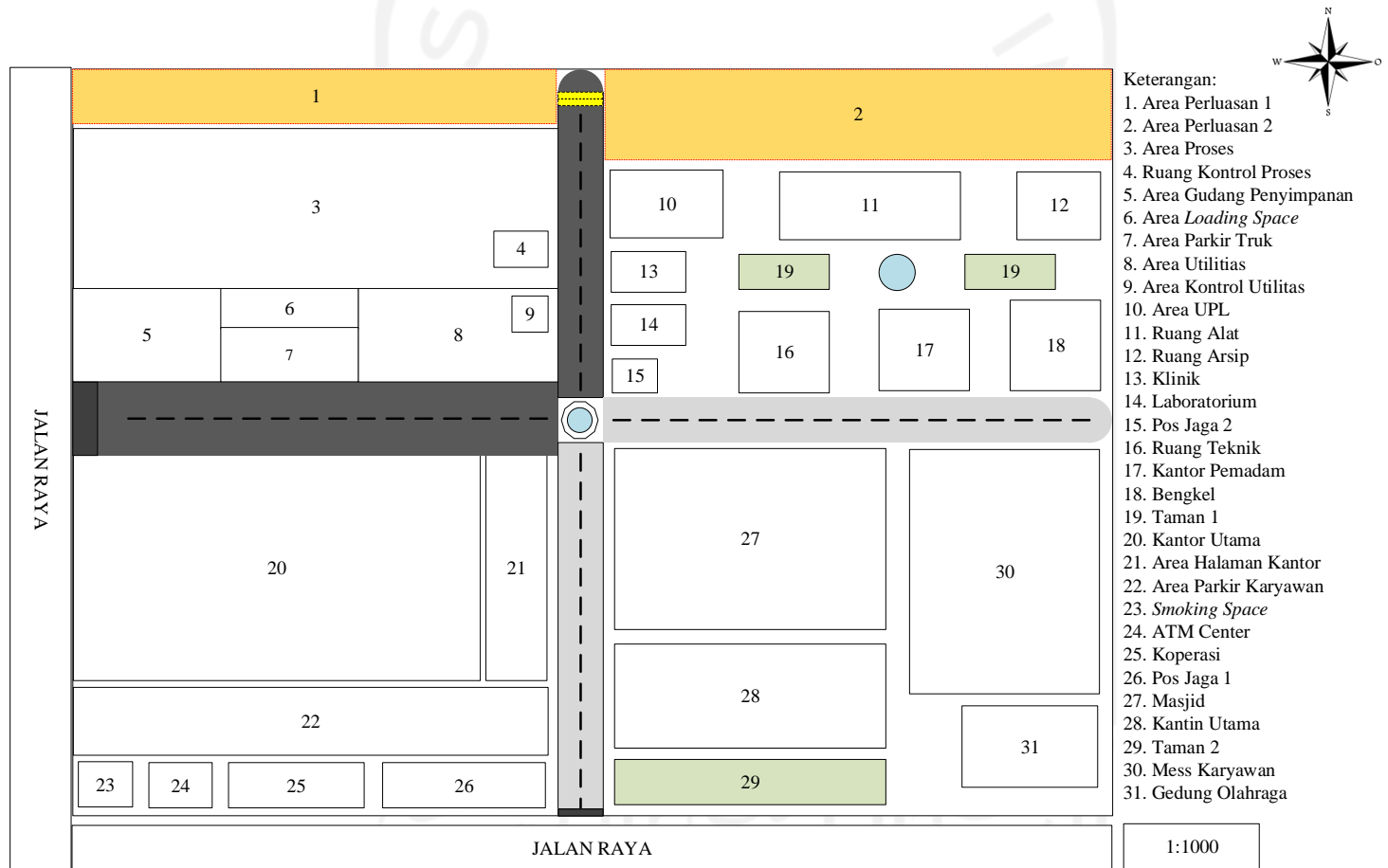
Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Berikut merupakan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Area Perluasan 1	107	12	1284
2	Area Perluasan 2	112	20	2240
3	Area Proses	107	36	3852
4	Ruang Kontrol Proses	12	8	96
5	Area Gudang Penyimpanan	21	33	693
6	Area <i>Loading Space</i>	30	9	270
7	Area Parkir Truk	30	12	360
8	Area Utilitas	42	21	882
9	Area Kontrol Utilitas	8	8	64
10	Area Unit Pengelolaan Lingkungan	25	15	375
11	Ruang Alat	40	15	600
12	Ruang Arsip	18	15	270
13	Klinik	16	9	144
14	Laboratorium	16	9	144
15	Pos Jaga 2	10	8	80
16	Ruang Teknik	20	18	360
17	Kantor Pemadam	20	18	360
18	Bengkel	20	20	400
19	Taman 1	40	8	320
20	Kantor Utama	90	50	4500
21	Area Halaman Kantor	14	50	700
22	Area Parkir Karyawan	105	15	1575
23	<i>Smoking Space</i>	12	10	120
24	ATM Center	14	10	140
25	Koperasi	30	10	300
26	Pos Jaga 1	36	10	360
27	Masjid	60	40	2400
28	Kantin Utama	60	23	1380
29	Taman 2	60	10	600
30	Mess Karyawan	42	54	2268
31	Gedung Olahraga	30	18	540
Luas Bangunan		1247	594	27677
Luas Tanah		230	123	28290

Layout Pabrik Hexamethylenediamine



Gambar 4.2 *Layout Pabrik Hexamethylenediamine*

Berdasarkan Gambar 4.2, terdapat dua jalur transportasi dimana jalur berwarna Abu-abu merupakan jalur untuk area yang dapat diakses untuk umum seperti kendaraan pegawai, kendaraan operasional serta kendaraan umum (Bus Pegawai), sementara jalur berwarna Hitam merupakan jalur untuk kendaraan proses, kendaraan transporter bahan baku. Disamping area pabrik akan dibangun anak jalan raya yang nantinya diperuntukan untuk keluar masuk kendaraan proses untuk jalur berwarna Hitam. Kedua area tersebut akan terbatas dan dipisahkan pada perempatan yang ditandai dengan area berwarna biru.

4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses diantaranya sebagai berikut :

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Aliran bahan baku dan produk yang baik dapat menunjang keamanan dan kelancaran produksi, serta memberikan keuntungan yang besar.

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan. Dengan tujuan menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga menyebabkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan kerja.

3. Pencahayaan

Pencahayaan seluruh area pabrik harus memadai. Dan untuk area proses yang beresiko tinggi harus diberi pencahayaan lebih.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan lay out pabrik, lalu lintas manusia dan kendaraan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Dengan tujuan dapat memperbaiki alat proses yang mengalami gangguan dengan cepat, selain itu keamanan para pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi serta menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, dari segi ekonomi, hal tersebut dapat menguntungkan.

6. Jarak antar Alat Proses

Alat proses yang memiliki suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, hal tersebut dapat meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh ledakan atau kebakaran pada alat tersebut. Beberapa manfaat perancangan tata letak alat-alat proses:

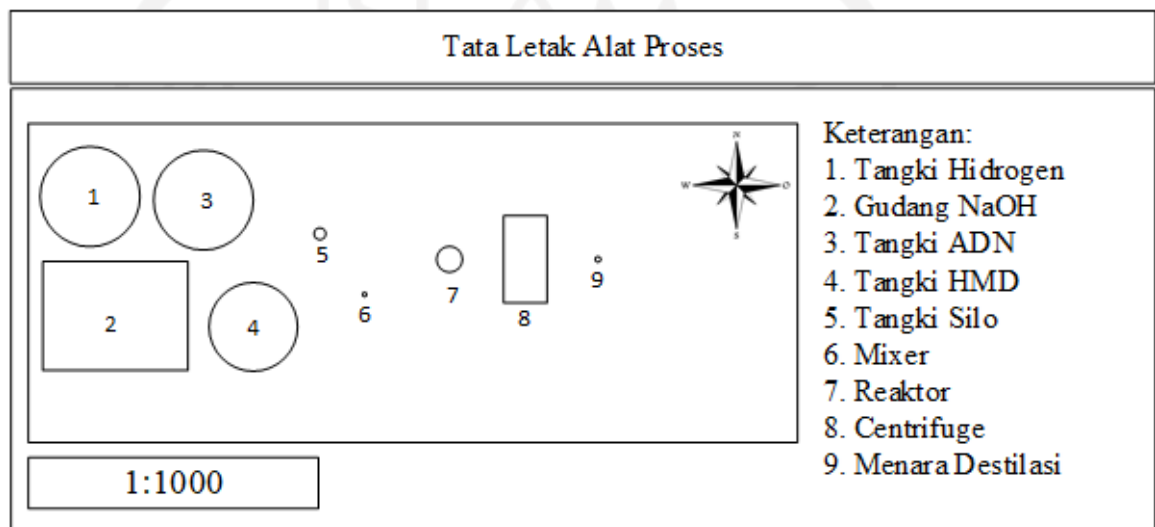
- a. Menjamin kelancaran proses produksi,
- b. Memanfaatkan luas lahan yang tersedia dengan efektif

7. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan

dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Berikut merupakan *lay out* tata letak alat proses yang terdapat pada Gambar 4.3 diantaranya sebagai berikut :



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Organisasi

Pabrik *Hexamethylenediamine* yang akan dibangun menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) akan memperoleh modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut berhak mengambil bagian sebesar satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyekor penuh jumlah yang disepakati dalam tiap saham. Untuk perusahaan-perusahaan yang mempunyai skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas

(PT/korporasi), Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi alasan dalam pemilihan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas adalah sebagai berikut :

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan maupun berasal dari bank.
- b. Kelancaran produksi hanya bisa dipegang oleh pimpinan perusahaan karena tanggung jawab pemegang saham yang sangat terbatas.
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
- f. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

4.4.2. Struktur Organisasi

Dalam menjalankan perusahaan yang perlu dibutuhkan yaitu sumber daya manusia dan juga sistem manajemen atau organisasi yang mempunyai pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya struktur organisasi yang baik dapat diperoleh dari manajemen perusahaan yang baik juga. Struktur organisasi membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut. Bagian-bagian atau jabatan yang akan dibentuk dalam perusahaan ini dimulai dari jenjang tertinggi dimana terdapat dua bentuk struktur organisasi yang baik yaitu sistem *line* dan staf. Ada dua jenis kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang

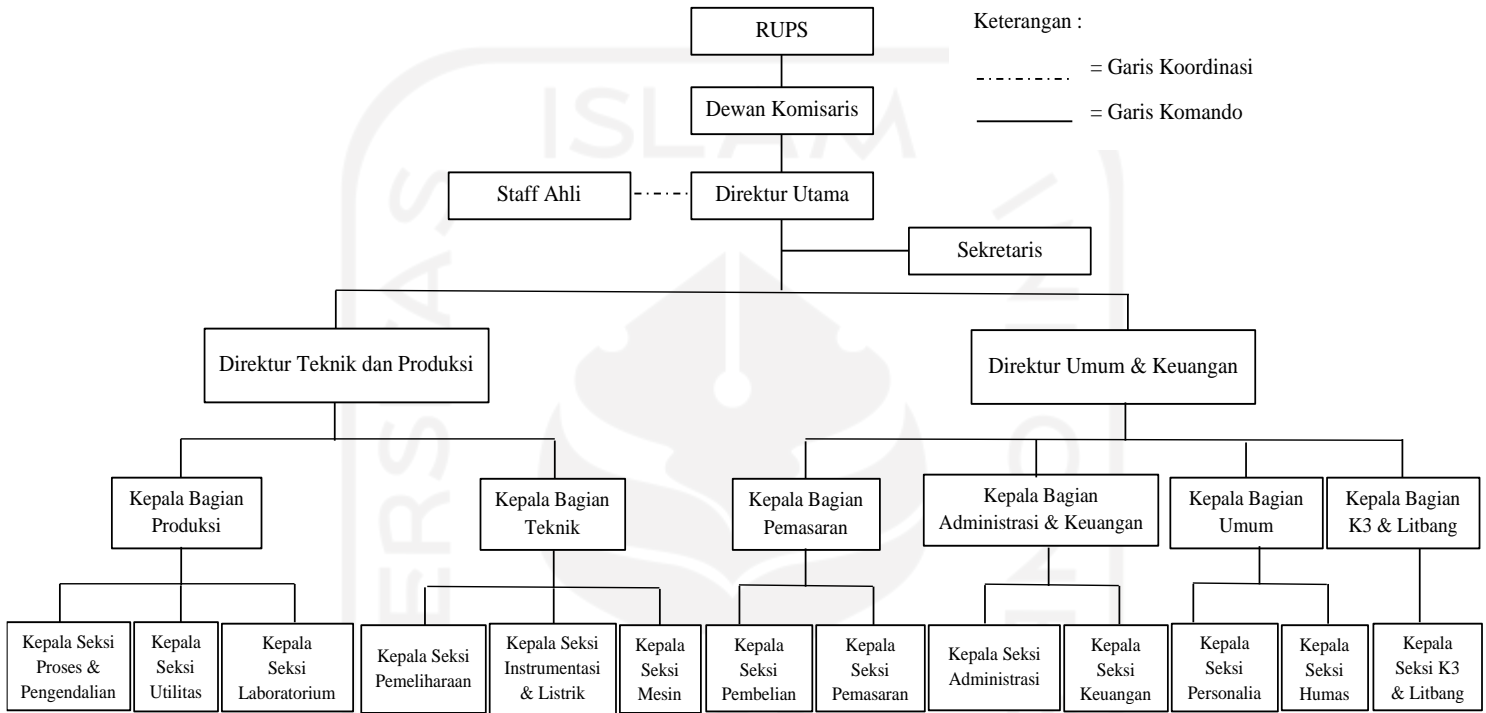
dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Produksi membawahi bidang produksi, proses, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian, pemasaran, administrasi dan keuangan, personalia, humas dan keamanan serta penelitian dan pengembangan. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan terbagi menjadi beberapa kelompok regu yang akan dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

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

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
- 2) Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
- 3) Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- 4) Penyusunan rencana pengembangan manajemen

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik HMD

4.4.3. Tugas dan Wewenang

4.4.3.1. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Pemegang kekuasaan tertinggi pada struktur organisasi garis dan staf adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh pemilik saham serta dewan komisaris, dan dilaksanakan minimal satu kali dalam setahun untuk terus memantau dan mengevaluasi jalannya perusahaan. Akan tetapi, apabila terjadi hal mendesak, RUPS dapat tetap dilaksanakan sesuai dengan ketentuan forum. Hak dan wewenang RUPS adalah sebagai berikut :

- a. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
- b. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri sesuai dengan musyawarah
- c. Mengesahkan hasil-hasil kerja serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan
- d. Menetapkan besar keuntungan tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali.

4.4.3.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih RUPS yang merupakan pelaksana dari pemilik saham, sehingga bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris diantaranya sebagai berikut :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
- b. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur.
- c. Membantu direktur utama dalam kegiatan yang bersifat penting.

4.4.3.3. Direktur Utama

Direktur utama memiliki jabatan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan sesuai dengan target dari RUPS. Direktur utama sebagai pimpinan tertinggi dalam perusahaan memiliki tanggung jawab atas segala tindakan dan kebijaksanaan terhadap dewan komisaris. Tugas-tugas Direktur utama meliputi:

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
- b. Merumuskan dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
- c. Mengusulkan kerjasama dengan pihak eksternal demi kepentingan perusahaan.
- d. Mewakili perusahaan untuk menjalin hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.

- e. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap orang yang bekerja dalam perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan dibantu oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut merupakan tugas masing-masing sebagai berikut:

1. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu dalam menangani administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur teknik dan produksi adalah memimpin semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang memiliki hubungan dengan bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Direktur

teknik dan produksi dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu:

- a. Kepala Bagian Produksi

Tugas dari kepala bagian produksi adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian

produksi akan dibantu oleh beberapa seksi yaitu, seksi proses & pengendalian, seksi utilitas dan seksi laboratorium.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas dari kepala bagian teknik adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang teknik dan pemeliharaan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian teknik dibantu oleh 3 Kepala seksi yaitu seksi pemeliharaan, seksi instrumentasi & listrik serta seksi mesin.

3. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur keuangan dan umum bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur keuangan dan umum adalah memimpin semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktur keuangan dan umum dibantu oleh beberapa kepala bagian yaitu :

a. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas kepala bagian pemasaran adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemasaran dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas kepala bagian administrasi dan keuangan adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan serta pembukuan dan pengaturan gaji karyawan.

Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian administrasi dan keuangan dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi administrasi dan seksi keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian umum adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang personalia, humas, dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian umum dibantu oleh kepala seksi, yaitu seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Tugas dari kepala bagian K3 dan litbang yaitu mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3 dan litbang. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dan litbang dibantu oleh dua kepala seksi, meliputi seksi K3 dan seksi Litbang.

4.4.3.4. Staff Ahli

Staff ahli memiliki tugas memberi masukan, berupa saran, nasihat, dan pandangannya terhadap segala aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

4.4.4. Pengaturan Jam Kerja

Pabrik *hexamethylenediamine* direncanakan akan dioperasikan selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Karyawan *non-shift* yaitu karyawan yang bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar ditetapkan sebagai hari libur. Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan *non-shift* sebagai berikut :

Tabel 4.2 Jadwal jam kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	11.00 – 13.00

2. Karyawan *Shift*, yaitu karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari perusahaan yang memiliki hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus

siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Adapun jam kerja *shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4.3 Jadwal jam kerja karyawan *shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift 1	07.00 – 15.00	11.00 – 12.00
Shift 2	15.00 – 23.00	19.00 – 20.00
Shift 3	23.00 – 07.00	03.00 – 04.00

Karyawan *shift* dilakukan dalam 4 kelompok (A/B/C/D) dimana dalam satu hari kerja hanya tiga kelompok yang masuk dan ada satu kelompok yang libur. Setiap kelompok mempunyai giliran enam hari kerja dan dua hari libur untuk setiap minggunya. Untuk hari libur atau hari besar yang sudah ditentukan oleh pemerintah, kelompok yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat intensif tambahan. Masing-masing *shift* dikepalai oleh satu orang kepala *shift*.

Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut :

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok (lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = *Shift* Pagi (07.00 – 15.00)

S = *Shift* Sore (15.00 – 23.00)

M = *Shift* Malam (23.00 – 07.00)

L = Libur

4.4.5. Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Berikut Tabel 4.5 merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Direktur Utama	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000	480.000.000
2	Staff Ahli	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
3	Sekretaris	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
5	Direktur Keuangan dan Umum	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
11	Kepala Bagian Litbang	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
12	Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
13	Kepala Seksi Humas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
14	Kepala Seksi Keamanan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
15	Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
16	Kepala Seksi Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
17	Kepala Seksi Administrasi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
18	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
19	Kepala Seksi Proses	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
20	Kepala Seksi Pengendalian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
21	Kepala Seksi Laboratorium	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
22	Kepala Seksi Utilitas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
23	Kepala Seksi Pengembangan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
24	Kepala Seksi Penelitian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
25	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
26	Karyawan Personalia	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000
27	Karyawan Humas	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000
28	Karyawan Pembelian	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Jumlah (Rp)
29	Karyawan Pemasaran	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000
30	Karyawan Administrasi & Keuangan	5	8.000.000	40.000.000	480.000.000	480.000.000
31	Karyawan Proses	10	8.000.000	80.000.000	960.000.000	960.000.000
32	Karyawan Pengendalian	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000	288.000.000
33	Karyawan Laboratorium	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000	288.000.000
34	Karyawan Pemeliharaan	3	8.000.000	24.000.000	288.000.000	288.000.000
35	Karyawan Utilitas	8	8.000.000	64.000.000	768.000.000	768.000.000
36	Karyawan K3	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000
37	Karyawan Litbang	4	8.000.000	32.000.000	384.000.000	384.000.000
38	Operator Proses	22	6.000.000	132.000.000	1.584.000.000	1.584.000.000
39	Operator Utilitas	14	6.000.000	84.000.000	1.008.000.000	1.008.000.000
40	Dokter	2	8.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
41	Perawat	4	5.000.000	20.000.000	240.000.000	240.000.000
42	Satpam	6	4.500.000	27.000.000	324.000.000	324.000.000
43	Supir	6	5.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
44	Cleaning Service	5	4.500.000	22.500.000	270.000.000	270.000.000
Total		140		1.221.500.000		14.658.000.000

Gaji karyawan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya. Apabila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji akan dilakukan sehari sebelumnya.

4.4.6. Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Hak Cuti

- Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

- Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

- Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (non shift), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (overtime).

3. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

4. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

6. Penyediaan fasilitas bagi karyawan

- a. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
- b. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
- c. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
- d. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
- e. Penyediaan fasilitas kantin
- f. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan unit penunjang yang memiliki peran penting dalam berjalannya suatu proses di industri. Perancangan utilitas dibutuhkan untuk menjamin keberlangsungan suatu pabrik. Beberapa penyediaan utilitas yang dibutuhkan pabrik antara lain :

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

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Secara umum kebutuhan air suatu industri dipenuhi menggunakan air sumur, air danau, air sungai, atau air laut sebagai sumbernya. Perancangan pabrik *Hexamethylenediamine* ini menggunakan Sungai Berung sebagai sumber mendapatkan air karena dekat dengan lokasi pabrik. Untuk menghindari fouling yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai yang dilakukan secara fisis dan kimia. Adapun pertimbangan dalam memilih air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relative tinggi, sehingga akan selalu tersedia dan akan terhindarkan dari kendala kekurangan air.
- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relative murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar karena membutuhkan alat yang relatif lebih mahal.
- Jumlah air sungai yang lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur.
- Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan :

a. Air Domestik

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 140 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar :

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Karyawan	13.685,070
2	Perumahan Karyawan	5.000
Total		18.685,070

b. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin pada pabrik *Hexamethylenediamine* ini telampir pada Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	9.781,800
Cooler-01	CL-01	1.015,730
Cooler-01	CL-01	285,250
Condensor-01	CD-01	144.020,520
Total		155.103,300

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 186.123,96 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdon* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 3.796,93 kg/jam.

c. Air untuk *Steam*

Air *steam* dalam pabrik digunakan untuk media pemanas. Air *steam* yang dapat digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan. Apabila air boiler tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi *scalling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik *Hexamethylenediamine* ini telampir pada Tabel 5.3 sebagai berikut :

Tabel 5.3 Kebutuhan Air untuk *Steam*

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Heater-01</i>	HE-01	106,450
<i>Heater-02</i>	HE-02	91,800
<i>Heater-03</i>	HE-03	213,870
<i>Reboiler-01</i>	RB-01	2.606,470
Total		3.018,590

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 3.622,31 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85% dimanfaatkan kembali, sehingga diperlukan 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 652,02 kg/jam.

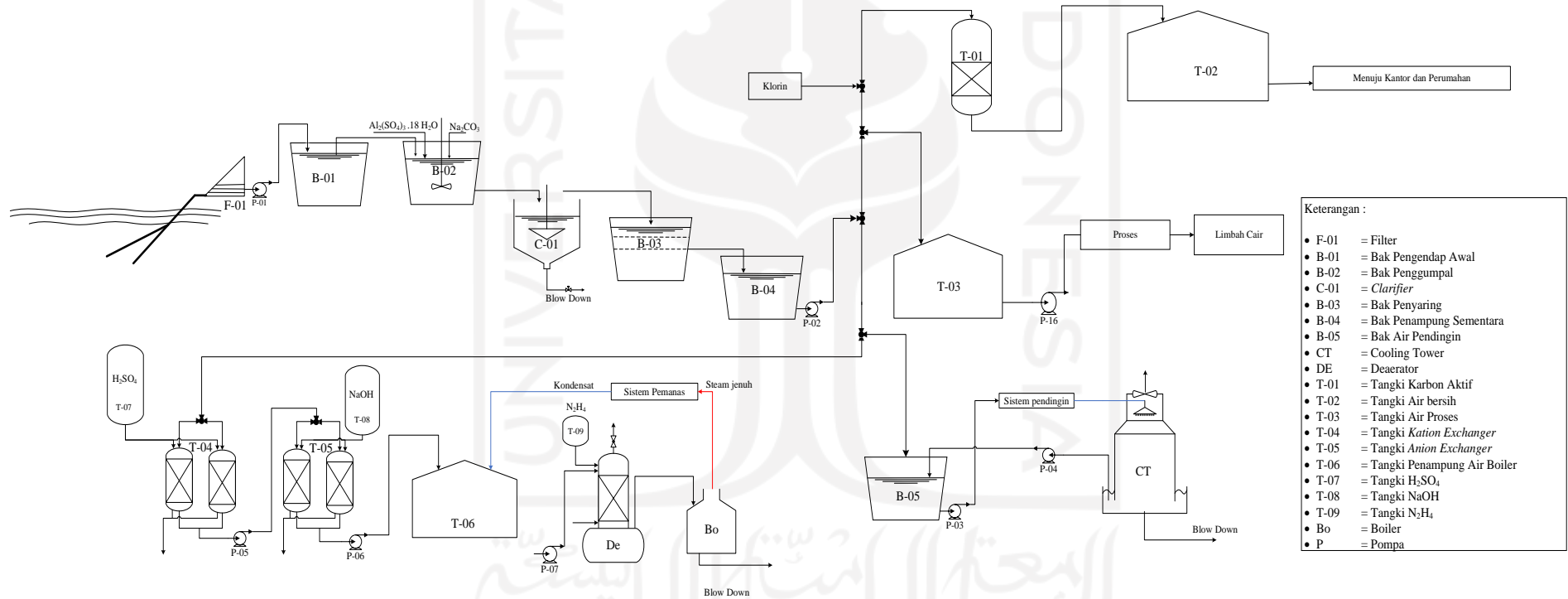
d. Air Proses

Pada pabrik *hexamethylenediamine* air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 1.260 kg/jam yang digunakan untuk keperluan proses di *Mixer* (M-01). Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 1.512 kg/jam.

e. Air Service

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 250 kg/jam.

UNIT PENGELOLAAN AIR



Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

a. Penghisapan

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening air akan ditampung di dalam *reservoir*.

b. Screening

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Penggumpalan/Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan

mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan *flok* yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentukan flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

e. Sand filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan air bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- *Service water*
- Air domestik
- *Make up cooling tower*
- Bahan baku *demin plan*

g. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada filtered water untuk umpan boiler. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation exchanger. Di dalam *kation exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin *kation exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari *kation exchanger* adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan.

Air yang telah melewati *kation exchanger* akan disubjekkan kedalam *anion exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif 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

CO₂ yang bisa menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH. Air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

h. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan boiler akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O₂ yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada boiler. Korosi pada boiler memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya, selain perpendekan umur boiler. Pengikisan didalam *boiler* berpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N₂H₄ (*hidrazin*) ditambahkan untuk mengikat O₂ dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler* akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi steam. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid*

yang terakumulasi di dalam *boiler*, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan *make up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generator System*)

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi *hexamethylenediamine*, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 4.527,880 kg/jam
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5– 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

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, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik *hexamethylenediamine* ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas : 1.000 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik *hexamethylenediamine* diantaranya sebagai berikut :

a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Mixer	M-01	0,050	37,285
Reaktor	R-01	8,948	6672,524
<i>Centrifuge</i>	CF-01	5,000	3728,500
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	0,430	320,651
<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	0,430	320,651
Pompa	P-01	0,750	559,275
Pompa	P-02	0,250	186,425
Pompa	P-03	0,250	186,425
Pompa	P-04	0,300	223,710
Pompa	P-05	0,300	223,710
Pompa	P-06	0,050	37,285
Pompa	P-07	0,300	223,710
Pompa	P-08	0,250	186,425
Kompresor	K-01	475,590	354647,463
Total		492,898	367.554,039

Power yang dibutuhkan = 367554,039 Watt = 367,554039 kW

b. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 5.5 Kebutuhan listrik untuk utilitas

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,000	1491,400
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	25,000	18642,500
Kompresor Udara	CP-01	6,000	4474,200
Pompa Utilitas	P-01	7,500	5592,750
	P-02	7,500	5592,750
	P-03	7,500	5592,750
	P-04	0,050	37,285

Tabel 5.5 Kebutuhan listrik untuk utilitas (Lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya (Hp)	Watt
Pompa Utilitas	P-05	7,500	5592,750
	P-06	7,500	5592,750
	P-07	3,000	2237,100
	P-08	3,000	2237,100
	P-09	1,500	1118,550
	P-10	0,050	37,285
	P-11	2,000	1491,400
	P-12	1,500	1118,550
	P-13	0,050	37,285
	P-14	0,050	37,285
	P-15	7,500	5592,750
	P-16	7,500	5592,750
	P-17	0,083	62,142
	P-18	0,333	248,567
	P-19	0,125	93,213
	P-20	0,125	93,213
	P-21	0,500	372,850
Total		97,867	72979,173

Power yang dibutuhkan = 72979,173 Watt = 72,979173 kW

Kebutuhan motor penggerak total = 440,5332 kW

c. Kebutuhan listrik alat kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 110,133 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 66,080 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, komputer, dan lain-lain)

diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor

$$P = 66,080 \text{ kW}$$

f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain

diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor :

$$P = 66,030 \text{ kW}$$

g. Kebutuhan listrik perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1.300 Watt

Jumlah rumah = 20 unit

Kebutuhan listrik perumahan = 26.000 Watt

= 26 kW

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1.	Power Plant	367,554
2.	Utilitas	72,979
3.	Alat Kontrol	110,133
4.	Penerangan	66,080
5.	Peralatan Kantor	66,080
6.	Bengkel, Laboratorium	66,080
7.	Perumahan	26
Total		774,907

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen instrumen *control* sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7,2 bar. Dalam pabrik *hexamethylenediamine* ini terdapat sekitar 13 alat control yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan compressor yang dilengkapi filter (penyaring) udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 24,299 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 188,040 L/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari pabrik *hexamethylenediamine* dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1. Bahan buangan cair.

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat organik
- b. Buangan air domestik.
- c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

2. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air dan *slurry* dari unit proses

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.7 Spesifikasi alat transportasi cairan utilitas

Pompa	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air dari Screener menuju <i>Reservoir/Sedimentasi (B-02)</i>	Mengalirkan air dari bak Sedimentasi (B-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (T-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi/Flokulasi (B-02) menuju Bak Pengendap (BU-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	603,764	635,541	603,764	0,022	603,764
Head Pompa (ft)	23,944	25,268	25,394	9,340	26,434
Spesifikasi					
IPS (in)	8	8	8	0,130	8
No.Sch	40	40	40	80	40
OD (in)	8,630	8,630	8,630	0,410	8,630
ID (in)	7,980	7,980	7,980	0,220	7,980
Efisiensi Pompa	84%	82%	82%	20%	81%
Tenaga Pompa (HP)	4,451	5,064	4,835	0,003	5,095
Tenaga Motor (HP)	7,500	7,500	7,500	0,050	7,500
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.7 Spesifikasi alat transportasi cairan utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU-01) menuju Bak Pengendap 2 (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU-02) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak <i>Sand Filter</i> (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	537,576	544,897	517,652	517,652	0,0007
Head Pompa (ft)	25,389	10,458	15,253	15,253	10,031
Spesifikasi					
IPS (in)	8	8	8	8	0,125
No.Sch	40	40	40	40	80
OD (in)	8,630	8,630	8,630	8,630	0,410
ID (in)	7,980	7,980	7,980	7,980	0,215
Efisiensi Pompa	82%	81%	81%	81%	43%
Tenaga Pompa (HP)	4,592	1,819	2,507	2,521	0,00004
Tenaga Motor (HP)	7,500	3	3	3	0,050
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.7 Spesifikasi alat transportasi cairan utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi menuju Tangki Air Bersih (T-01)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (T-01) menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki Air Servis menuju Tangki Air Bertekanan	Mengalirkan air dari Tangki Air Bertekanan menuju Area Kebutuhan Servis	Mengalirkan Air dari Bak Air Dingin (BU-04) menuju Cooling Tower
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>MixedFlow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	96,560	96,560	1,292	1,292	961,846
Head Pompa (ft)	32,383	32,405	8,409	4,581	18,698
Spesifikasi					
IPS (in)	4	4	0,500	0,500	10
No.Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	4,500	4,500	0,840	0,840	10,750
ID (in)	4,025	4,025	0,620	0,620	10,020
Efisiensi Pompa	68%	68%	40%	40%	88%
Tenaga Pompa (HP)	1,189	1,190	0,007	2,521	5,285
Tenaga Motor (HP)	2	1,500	0,050	0,050	7,500
Jumlah	2	2	2	2	2

Tabel 5.7 Spesifikasi alat transportasi cairan utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl menuju <i>Mixed Bed</i>	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (TU-05) menuju Tangki Air Demin	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Larutan Hydrazine dari Tangki N ₂ H ₄ (T-09) menuju Tangki Daerator (De-01)	Mengalirkan Air dari Tangki Daerator (De-01) menuju Boiler
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>					
Tipe	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	961,847	18,719	18,719	18,719	18,719	18,719
Head Pompa (ft)	18,698	5,154	18,897	7,958	7,958	5,832
Spesifikasi						
IPS (in)	10	2	2	2	2	4
No.Sch	40	40	40	40	40	40
OD (in)	10,750	2,380	2,380	2,380	2,380	4,500
ID (in)	10,020	2,067	2,067	2,067	2,067	3,830
Efisiensi Pompa	88%	40%	40%	40%	40%	61%
Tenaga Pompa (HP)	5,285	0,062	0,229	0,096	0,096	0,046
Tenaga Motor (HP)	7,500	0,083	0,333	0,125	0,125	0,500
Jumlah	2	2	2	2	2	2

Tabel 5.8 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	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 yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Menampung sementara raw water setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak Silinder Tegak	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi	Bak Persegi Panjang
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang dan dilapisi porselin	Beton bertulang
Spesifikasi						
Panjang (m)	10,572	-	11,900	11,700	6,220	22,050
Lebar (m)	10,572	-	11,900	11,700	6,220	22,050
Tinggi (m)	5,286	5,630	5,950	5,850	3,110	11,030
Diameter (m)	-	5,630	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Fungsi	Menyimpan dan menyiapkan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (TU-02)	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak Berpengaduk	Silinder Tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Spesifikasi				
Tinggi (m)	2,780	3,057	3,057	8,817
Diameter (m)	1,390	3,057	0,398	8,817
Volume (m ³)	5,062	22,422	0,049	538,130
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5.9 Spesifikasi Tangki (Lanjutan)

Tangki	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk regenerasi <i>kation exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk regenerasi <i>anion exchanger</i>	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N_2H_4
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder tegak	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>				
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2,093	1,048	0,835	5,103	1,779
Diameter (m)	2,093	1,048	0,835	5,103	1,779
Volume (m ³)	7,200	0,904	0,458	104,322	4,418
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.10 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Alat	<i>Screener</i> (FU-01)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Jenis	Alumunium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	116832,450
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter (m)	1
Jumlah	1

Tabel 5.11 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

Alat	<i>Sand Filter</i> (FU-02)
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Bahan	Bak berbentuk balok
Material	<i>Spheres</i>
Ukuran pasir (<i>mesh</i>)	28
Spesifikasi	
Volume (m ³)	12,992
Panjang (m)	2,962
Lebar (m)	2,962
Tinggi (m)	1,481
Jumlah	1

Tabel 5.12 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Alat	<i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	4,683
Lebar (m)	4,683
Tinggi (m)	1,766
Jumlah	1

Tabel 5.13 Spesifikasi *Mixed Bed* Utilitas

Alat	<i>Mixed Bed (CT-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Resin	Zeolit
Spesifikasi	
Diameter tangki (m)	0,614
Tinggi tangki (m)	0,914
Tinggi <i>bed</i> (m)	0,762
Volume <i>bed</i> (m ³)	0,226
Volume bak resin (m ³)	1365,040
Tebal (in)	0,188
Jumlah	1

Tabel 5.14 Spesifikasi *Dearator*

Alat	<i>Dearator (De-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	3,622
Diameter (m)	1,769
Tinggi (m)	1,769
Volume (m ³)	4,347
Jumlah	1

Tabel 5.15 Spesifikasi Blower Cooling Tower

Alat	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghembuskan udara ke cooling tower
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	159715,740
Efisiensi	86%
Power (Hp)	25
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	1

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi, maka diperlukan evaluasi ekonominya.. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat – alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga tersebut dipakai sebagai dasar untuk estimasi evaluasi ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas.

Untuk itu pada perancangan pabrik *hexamethylenediamine* ini, terdapat beberapa faktor-faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi:

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

d. *Shut down point (SDP)*

e. *Discounted cash flow (DCF)*

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses pada tiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda, harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung dengan kondisi ekonomi, sehingga akan sulit untuk menentukan harga peralatan secara pasti. Untuk memperkirakan harga peralatan dapat dilakukan dengan mengetahui harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2022 untuk pembelian alat pada tahun pembangunan yaitu 2027. Dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga kebutuhan pabrik lainnya diperhitungkan pada tahun analisa. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*.

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018

(Xi)	Indeks (Yi)
1987	323,800
1988	342,500
1989	355,400
1990	357,600
1991	361,300
1992	358,200
1993	359,200
1994	368,100
1995	381,100

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1987-2018 (Lanjutan)

(Xi)	Indeks (Yi)
1996	381,700
1997	386,500
1998	389,500
1999	390,600
2000	394,100
2001	394,300
2002	395,600
2003	402
2004	444,200
2005	468,200
2006	499,600
2007	525,400
2008	575,400
2009	521,900
2010	550,800
2011	585,700
2012	584,600
2013	567,300
2014	576,100
2015	556,800
2016	541,700
2017	507,500
2018	603,100

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1)$$

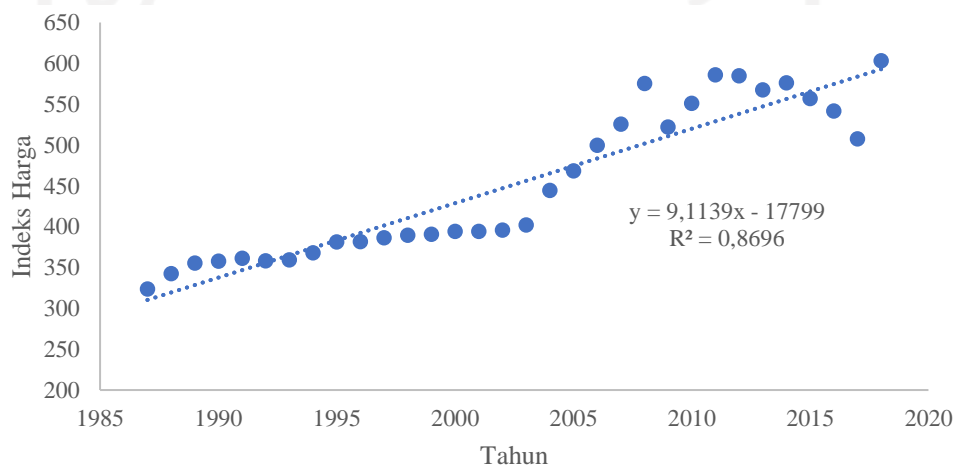
Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2027

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : *Index* harga pada tahun 2027

Ny : *Index* harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6.1 Grafik Regresi Linear

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah $y = 9,1139x - 17799$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan perancangan, sehingga nilai CEP Indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai CEP Indeks pada tahun perancangan 2027 sebesar 674,875 . Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2027	2014	2027
1	Tangki C ₆ H ₈ N ₂	T-01	1	576,100	674,880	206.100,000	241.437,000
2	Tangki Bola Hidrogen	T-02	1	576,100	674,880	118.700,000	139.052,000
3	Tangki C ₆ H ₁₆ N ₂	T-03	1	576,100	674,880	254.454,000	298.081,000
4	Silo Raney Nikel	SL-01	1	576,100	674,880	78.000,000	91.374,000
5	Gudang NaOH	G-01	1	576,100	674,880	16.180,550	18.955,000
6	Reaktor	R-01	1	576,100	674,880	83.495,000	97.811,000
7	Mixer	M-01	1	576,100	674,880	63.400,000	74.270,000
8	<i>Centrifuge</i>	CF-01	1	576,100	674,880	29.200,000	34.206,000
9	Menara Distilasi	MD-01	1	576,100	674,880	247.500,000	289.935,000
10	<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	2	576,100	674,880	17.563,240	20.575,000
11	<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	2	576,100	674,880	17.563,240	20.575,000
12	<i>Expansion Valve</i>	EV-01	1	576,100	674,880	724,090	848,000
13	<i>Expansion Valve</i>	EV-02	1	576,100	674,880	724,090	848,000
14	<i>Expansion Valve</i>	EV-03	1	576,100	674,880	41.310,670	48.394,000
15	Condensor	CD-01	1	576,100	674,880	25.390,120	29.743,000
16	Reboiler	RB-01	1	576,100	674,880	19.183,640	22.473,000
17	Heater	HE-01	1	576,100	674,880	2.374,590	8.345,330
18	Heater	HE-02	1	576,100	674,880	2.374,590	8.345,330
19	Heater	HE-03	1	576,100	674,880	2.374,590	8.345,330
20	Cooler	CL-01	1	576,100	674,880	10.869,790	25.467,000
21	Cooler	CL-02	1	576,100	674,880	10.869,790	25.467,000
22	Hooper	HP-01	1	576,100	674,880	600,000	703,000
23	Pompa	P-01	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
24	Pompa	P-02	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
25	Pompa	P-03	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
26	Pompa	P-04	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
27	Pompa	P-05	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
28	Pompa	P-06	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
29	Pompa	P-07	2	576,100	674,880	6.925,880	8.113,000
TOTAL			38			1.328.351,060	1.662.012,000

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2027	2014	2027
1	Screening	FU-01	1	576,10	674,88	17.400,00	20.383,00
2	Bak Sedimentasi	BU-01	1	576,10	674,88	17.900,00	20.969,00
3	Bak Koagulasi dan Flokulasi	BU-02	1	576,10	674,88	8.100,00	9.489,00
4	Tangki Larutan Alum	TU-01	1	576,10	674,88	30.900,00	36.198,00
5	Bak Pengendap I	BU-03	1	576,10	674,88	17.900,00	20.969,00
6	Bak Pengendap II	BU-04	1	576,10	674,88	17.900,00	20.969,00
7	Sand Filter	FU-02	1	576,10	674,88	32.400,00	37.955,00
8	Bak Penampung Sementara	BU-05	1	576,10	674,88	8.100,00	9.489,00
9	Tangki Klorinasi	TU-02	1	576,10	674,88	10.700,00	12.535,00
10	Tangki penyimpan Kaporit	TU-03	1	576,10	674,88	30.900,00	36.198,00
11	Tangki Air Bersih	TU-04	1	576,10	674,88	43.400,00	50.841,00
12	Tangki Service Water	TU-05	1	576,10	674,88	20.900,00	24.483,00
13	Bak Air Pendingin	BU-06	1	576,10	674,88	800,00	937,00
14	Cooling Water	CT-01	1	576,10	674,88	224.200,00	262.640,00
15	Blower Cooling Tower	BL-01	1	576,10	674,88	300,00	351,00
16	Mixed Bed	MB-01	1	576,10	674,88	1.500,00	1.757,00
17	Tangki NaCl	TU-06	1	576,10	674,88	2.700,00	3.163,00
18	Tangki NaOH	TU-07	1	576,10	674,88	2.500,00	2.929,00
19	Tangki Air Demin	TU-08	1	576,10	674,88	11.900,00	13.940,00
20	Deaerator	DE-01	1	576,10	674,88	11.082,00	12.982,00
21	Tangki N ₂ H ₄	TU-08	1	576,10	674,88	2.500,00	2.929,00
22	Boiler	BO-01	1	576,10	674,88	301.500,00	353.194,00
23	pompa 1	PU-01	2	576,10	674,88	13.852,00	16.227,00
24	pompa 2	PU-02	2	576,10	674,88	13.852,00	16.227,00
25	pompa 3	PU-03	2	576,10	674,88	17.000,00	19.914,74
26	pompa 4	PU-04	2	576,10	674,88	17.000,00	19.914,74
27	pompa 5	PU-05	2	576,10	674,88	17.000,00	19.914,74
28	pompa 6	PU-06	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
29	pompa 7	PU-07	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
30	pompa 8	PU-08	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
31	pompa 9	PU-09	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
32	pompa 10	PU-10	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
33	pompa 11	PU-11	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2027	2014	2027
34	pompa 12	PU-12	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
35	pompa 13	PU-13	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
36	pompa 14	PU-14	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
37	pompa 15	PU-15	2	576,10	674,88	3.622,00	4.289,00
38	pompa 16	PU-16	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
39	pompa 17	PU-17	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
40	pompa 18	PU-18	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
41	pompa 19	PU-19	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
42	pompa 20	PU-20	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
43	pompa 21	PU-21	2	576,10	674,88	2.034,00	2.382,00
44	Tangki Bahan Bakar Boiler	TU-09	1	576,10	686,91	3.300,00	3.865,80
45	Tangki Bahan Bakar Generator	TU-10	1	576,10	686,91	13.800,00	16.166,08
Total							1.123.540

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi : 35.000 Ton / Tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 Tahun

Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 15.450 (Per 9 Oktober 2022)

Tahun pabrik didirikan : 2027

UMR Kota Cilegon : Rp 5.373.976,32 (tahun 2027)

6.3 Komponen Biaya

1. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah total biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

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

Tabel 6.4 *Physical plant cost (PPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 43.038.587.001	\$ 2.785.552
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 10.759.646.750	\$ 696.388
3	Instalasi cost	Rp 7.539.881.383	\$ 487.998
4	Pemipaan	Rp 10.353.245.526	\$ 670.085
5	Instrumentasi	Rp 10.855.317.783	\$ 702.580
6	Insulasi	Rp 1.729.538.362	\$ 111.940
7	Listrik	Rp 4.303.858.700	\$ 278.555
8	Bangunan	Rp 56.580.000.000	\$ 3.661.982
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 40.000.000.000	\$ 2.588.888
Total		Rp 185.160.075.505	\$ 11.983.967

Tabel 6.5 *Direct Plan Cost (DPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 37.032.015.101	\$ 2.396.793
Total		Rp 37.032.015.101	\$ 2.396.793

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC	Rp 222.192.090.606	\$ 14.380.760
2	Kontraktor	Rp 6.665.762.718	\$ 431.423
3	Biaya tak terduga	Rp 22.219.209.061	\$ 1.438.076
Total		Rp 251.077.062.385	\$ 16.250.259

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor.. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- Investasi yang cepat kembali
- Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai , aman , dan lain-lain.

Tabel 6.7 *Working capital investment* (WCI)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 90.846.022.164	\$ 5.879.754
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 54.533.832.365	\$ 3.529.549
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 109.067.664.729	\$ 7.059.099
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 157.315.709.091	\$ 10.181.818
5	<i>Available Cash</i>	Rp 109.067.664.729	\$ 7.059.099
Total		Rp 520.830.893.078	\$ 33.709.319

2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* antara lain :

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6.8 *Direct manufacturing cost (DMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 999.306.243.806	\$ 64.677.294,730
2	<i>Labor</i>	Rp 14.658.000.000	\$ 948.697,950
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.465.800.000	\$ 94.869,800
4	<i>Maintenance</i>	Rp 10.043.082.495	\$ 650.010,360
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.506.462.374	\$ 97.501,550
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 17.304.728.000	\$ 1.120.000,000
7	<i>Utilities</i>	Rp 25.302.837.236	\$ 1.637.655,190
Total		Rp 1.069.587.153.911	\$ 69.226.030

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6.9 *Indirect manufacturing cost (IMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.198.700.000	\$ 142.305
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.465.800.000	\$ 94.870
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 7.329.000.000	\$ 474.349
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 86.523.640.000	\$ 5.600.000
Total		Rp 97.517.140.000	\$ 6.311.523

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6.10 *Fixed manufacturing cost (FMC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 25.107.706.239	\$ 1.625.026
2	<i>Property taxes</i>	Rp 5.021.541.248	\$ 325.005
3	<i>Insurance</i>	Rp 2.510.770.624	\$ 162.503
Total		Rp 32.640.018.110	\$ 2.112.534

Tabel 6.11 *Total manufacturing cost*

No	Jenisa Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 25.107.706.239	\$ 1.625.026
2	<i>Property taxes</i>	Rp 5.021.541.248	\$ 325.005
3	<i>Insurance</i>	Rp 2.510.770.624	\$ 162.503
Total		Rp 32.640.018.110	\$ 2.112.534

3. *Pengeluaran Umum (General Expenses)*

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6.12 *General expense (GE)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 23.994.886.240	\$ 1.553.002
2	<i>Sales expense</i>	Rp 239.948.862.404	\$ 15.530.017
3	<i>Research</i>	Rp 95.979.544.962	\$ 6.212.007
4	<i>Finance</i>	Rp 15.438.159.109	\$ 999.192
Total		Rp 375.361.452.716	\$ 24.294.218

Tabel 6.13 *Total production cost*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1.199.744.312.021	\$ 77.650.087
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 375.361.452.716	\$ 24.294.218
Total		Rp 1.575.105.764.737	\$ 101.944.304

6.4 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 1.730.472.800,000

Total Production cost : Rp 1.575.105.764,740

Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya produksi
Rp 155.367.035.263

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 22% dari keuntungan : 22% x Rp 112.178.549.103
Rp 28.044.637.276

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak
Rp 116.525.276.447

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

1. *Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

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

a. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI \text{ b} = 61,88 \%$$

b. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI \text{ a} = 46,41 \%$$

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan+Depresant}} \quad (6.3)$$

a. POT Sebelum Pajak (POTb)

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

$$POT \text{ b} = 1,4 \text{ tahun}$$

b. POT setelah pajak (POTa)

$$POT \text{ a} = 1,8 \text{ tahun}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60%.

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

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 *Annual*

Tabel 6.14 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 25.107.706.239	\$ 1.625.026
2	<i>Property taxes</i>	Rp 5.021.541.248	\$ 325.005
3	<i>Insurance</i>	Rp 2.510.770.624	\$ 162.503
	Total	Rp 32.640.018.110	\$ 2.112.534

Tabel 6.15 Annual regulated expenses (Ra)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 14.658.000.000	\$ 948.698
2	Plant overhead	Rp 7.329.000.000	\$ 474.349
3	Payroll overhead	Rp 2.198.700.000	\$ 142.305
4	Supervision	Rp 1.465.800.000	\$ 94.870
5	Laboratory	Rp 1.465.800.000	\$ 94.870
6	Administration	Rp 23.994.886.240	\$ 1.553.002
7	Finance	Rp 15.438.159.109	\$ 999.192
8	Sales expense	Rp 239.948.862.404	\$ 15.530.017
9	Research	Rp 95.979.544.962	\$ 6.212.007
10	Maintenance	Rp 10.043.082.495	\$ 650.010
11	Plant supplies	Rp 1.506.462.374	\$ 97.502
Total)		Rp 414.028.297.585	\$ 26.796.821

Tabel 6.16 Annual variable value (Va)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 999.306.243.806	\$ 64.677.295
2	Packaging & shipping	Rp 86.523.640.000	\$ 5.600.000
3	Utilities	Rp 25.302.837.236	\$ 1.637.655
4	Royalties and Patents	Rp 17.304.728.000	\$ 1.120.000
Total		Rp 1.128.437.449.042	\$ 73.034.950

Tabel 6.17 Annual sales value (Sa)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Annual Sales Value	1.730.472.800.000	112.000.000
Total		1.730.472.800.000	112.000.000

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 50,24 \%$$

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain variable cost yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

Didapatkan SDP = 39,78 %

5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank.

$$\frac{(WC + FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i)^1) \frac{WC + SV}{CV}. \quad (6.6)$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut

FCI = Rp 251.077.062.385

WCI = Rp. 520.830.893.078

SV = Rp 25.107.706.239

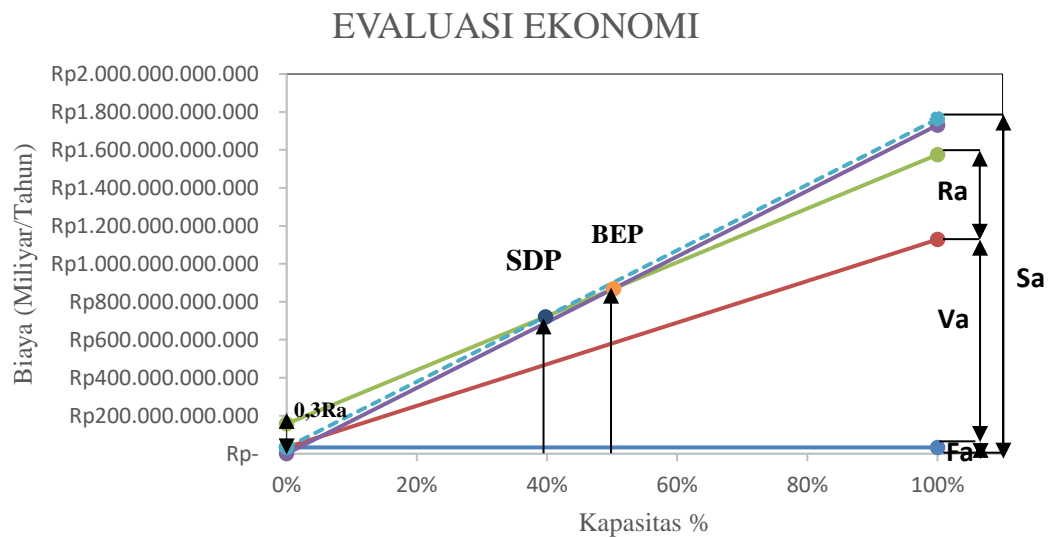
n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah :

DCFR = 21,22 %

Dengan beberapa 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 *hexamethylenediamine* melalui proses hidrogenasi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik *hexamethylenediamine* berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah di daerah kawasan industri Ciwandan, Cilegon, Banten dengan luas tanah keseluruhan 28.290 m² dan jumlah karyawan 140 orang.
2. 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 = 61,88 %
 - ROI setelah pajak = 46,41 %
 - b. *Pay Out Time (POT)*
 - POT sebelum pajak = 1,4 tahun
 - POT setelah pajak = 1,8 tahunSyarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.
 - c. *Break Event Point (BEP)* = 50,24 %
Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.
 - d. *Shut Down Point (SDP)* = 39,78 %
Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* = 21,22%

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

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik *hexamethylenediamine* dari *Adiponitrile* menggunakan proses hidrogenasi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak dari aspek teknis 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 *hexamethylenediamine* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Airgas. 2020. *Safety Data Sheet-Hydrogen*. Pennsylvania: Airgas USA, LLC.
- Alibaba. 2020. *Price of Caustic Soda*. <http://www.alibaba.com/>. Diakses Pada Tanggal 7 September 2022 Pukul 13:30 WIB.
- Alibaba. 2022. *Cost Raw Material and Product for Production Hexamethylenediamine*. <https://www.alibaba.com>. Diakses pada 20 Agustus 2022 Pukul 15:34 WIB.
- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. 2021. <https://www.bps.go.id/>. Diakses Pada Tanggal 8 Februari 2022 Pukul 16.00 WIB.
- Bodman, S. W. 1968. *The Industrial Practice of Chemical Process Engineering*. Massachusetts Institute of Technology. London, England
- Brown, G G. 1977. *Unit Operations*. CBS, New Delhi
- Brownell, L E. Young, E H. 1959. *Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Cameo. 2016. *Raney Nickel Safety Data Sheet*. Pennsylvania: Cameo Chemical, Inc.
- Coulson, J. M and Richardson, J.F. 1989. *An introduction to chemical Engineering*. Pergamon Press :Oxford.
- Faith, W.L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. 1957. *Industrial Chemical*. John Wiley and Sons.
- Fessenden, R.J and Fessenden. 1983. *Kimia Organik jilid 2*. Jakarta : Erlangga.

- Fisher, Science Education. 2015. *Safety Data Sheet-Hexamethylenediamine*. Rochester: Fisher Science Education, Inc.
- Froment, Gillbert. 2011. *Chemical Reactor Design*. Hamilton Printing Company. United States of America.
- Geankoplis, C J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey
- Hershberger et al. 2005. *United States Patent Application Publication*. United States of America
- Holleman, A.F and Wiberg,E. 2001. *Inorganic Chemistry*. San Diego : Academic Press.
- International Publication Number WO 2012/139652 A1. 2012. <https://patentimages.storage.googleapis.com/38/84/e2/f72a8d75aa8178/WO2012139652A1.pdf>. Diakses Pada Tanggal 18 Mei 2022 Pukul 13.00 WIB.
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*.Mc GrawHill Book Co.Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D. 2007. *Concise Encyclopedia of Chemical Technology, 2 Volume Set, 5th edition*. In Wiley. Hoboken, N.J : Wiley-Interscience.
- Kishida. 2020. *Adiponitrile Safety Data Sheet*. Japan : Kishida Chemical, CO., LTD.
- Kureha. 2022. *Organic Chemical*. <https://www.kureha.co.jp/en/about/>. Diakses pada tanggal 10 Februari 2022 pukul 20.00 WIB.
- LabChem. 2018. *Sodium Hydroxide Safety Data Sheet*. Pennsylvania: LabChem, Inc.

- Moraitakis, Nikos. 2021. *Supply Chain-Based Category Strategies for Global Supply Networks Paperback*. Josef Eul Verlag Gmbh. Amerika Serikat.
- Munandar, Aris. 2018. *Jurnal Hexamethylenediamine dengan Proses Hidrogenasi*. <http://jtam.ulm.ac.id/index.php/jtatik/article/view/893/457>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2022 pukul 15.43 WIB.
- Novotny, V., H. Olem. 1994. *Water Quality: prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. New York: van Nostrand Reinhold.
- OLX. 2022. Harga Tanah & Bangunan. <http://olx.co.id/>. Diakses pada tanggal 27 September 2022 Pukul 19:35 WIB.
- 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.
- Prahl, H. W., Jay P. Eggert, S., Sol J. Lederman, K., & Eric H. Scremin. 1961. *Distillation In Raschig-Phenol Process. United States Patent Office Filed Aug. 25, 1961, Ser. No. 133,924, 260–629*.
- Smith, J.M., 1981, *Chemical Engineering Kinetics, 3rd Ed.*, Mc.Graw-Hill Book CO-Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6 th Ed.*, Mc. Graw-Hill Inc., Singapore.
- Sularso dan Tahara. 1983. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Summers, Donna C.,S., 2017, *Quality*, Pearson, USA.

Ullman. 2011. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

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

UN Comtrade Database. 2020. <https://comtrade.un.org/>. Diakses Pada Tanggal 15 Februari 2022 Pukul 19.32 WIB.

United States Patent. 1974. *Process For The Manufacture of Hexamethylenediamine.*

<https://patentimages.storage.googleapis.com/39/fe/54/d0fdaed05cdab9/US3821305.pdf>. Diakses Pada Tanggal 20 Mei 2022 Pukul 18.30 WIB.

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



LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR-01

Kode : R-01
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara *Adiponitrile* dan gas Hidrogen dengan bantuan katalis Raney-Ni (AlNi) dan medium berupa NaOH dan Air menjadi

Hexamethylenediamine.

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk/RATB (*Continuous Stirred Tank Reactor*)

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Kondisi Operasi : Suhu = 75 °C
Tekanan = 30 atm

Reaksi Hidrogenasi :



Kinetika Reaksi :

Diketahui nilai dari masing-masing persamaan Arrhenius yaitu :

$$A = 3500 \text{ 1/min}$$

$$E = 42900 \text{ J/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K,mol}$$

$$T = 75 \text{ °C} = 348 \text{ K}$$

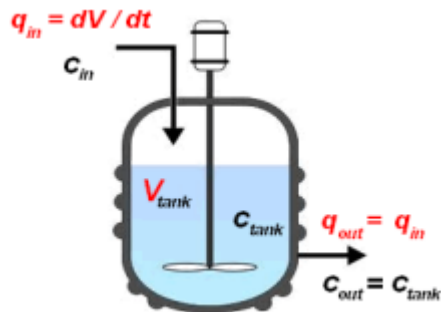
Maka dari persamaan Arrhenius yaitu :

$$k = Ae^{\frac{Ea}{RT}}$$

$$k = 3500 \exp\left(\frac{-42900}{8,314 \cdot 348}\right)$$

$$k = 0,001 \text{ min}^{-1} \text{ (orde 1)}$$

Model matematis perancangan reaktor :



(www.cstreactordesign.com)

Asumsi :

1. Isothermal
2. Pengadukan sempurna
3. Tidak terdapat *pressure Drop*
4. *Steady State*
5. Proses Kontinyu

Menentukan volume campuran gas dan liquid dengan asumsi

Pseudohomogeneous :

$$\frac{F}{P_t} [p_{A_b} - (p_{A_b})_{out}] = \frac{a}{b} L [(C_{B_b})_{in} - C_{B_b}] + LC_{A_b} \quad (1.2)$$

(Fromen et al, 2008)

Dari persamaan 1.2, didapatkan bahwa nilai $C_{AB} = 0$. Selain itu terdapat komponen lain berupa nilai L yang belum diketahui, maka dari persamaan tersebut dapat berubah menjadi perbandingan volume :

$$L[(C_B)_{in} - (C_B)_{out}] = r_B \cdot V(1 - \varepsilon) \quad (1.3)$$

Cara untuk menentukan volume campuran dari komponen yang tercampur dengan sempurna antara dua Fase menjadi sebagai berikut :

$$\left(\frac{F}{\rho_t} [(P_A)_{in} - (P_A)_{out}]\right) - L (C_A)_{out} = \frac{a}{b} (r_B) V (1 - \varepsilon) \quad (1.4)$$

Keterangan :

F = Total aliran massa (578,1919 kg/jam)

ρ_t = Densitas total campuran komponen (910,7379 kg/m³)

a = Ratio komponen a dalam kebutuhan bahan baku (1)

b = Ratio komponen b dalam kebutuhan bahan baku (4)

ε = Komponen fungsi transfer campuran, nilai (0,330 untuk campuran dua fasa)

r_B = Presentase komponen b yang bereaksi (0,992)

L = Komponen Feed Rate bahan baku A (4,4570 m³/h)

Dari persamaan 1.4, dapat mencari nilai volume yang dibutuhkan diantaranya sebagai berikut :

$$\left(\frac{F}{\rho_t} [(P_A)_{in} - (P_A)_{out}]\right) - L (C_A)_{out} = \frac{a}{b} (r_B) V (1 - \varepsilon)$$

$$4,9642 = 0,248 V (1 - 0,33)$$

$$\frac{4,9642}{0,67} = 0,248 V$$

$$0,248 V = 7,4093$$

$$V = \frac{7,4093}{0,248}$$

$$V = 29,8760 \text{ m}^3$$

Sehingga diperoleh V sebesar 29,8760 m³ = 7892,4051 gallon.

a. Menghitung Dimensi Reaktor

Untuk tangki silinder, perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1 : 1 (H = D). Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah *Ellipsoidal Dished Head*.

b. Menghitung Kapasitas Reaktor

Komponen	BM	Kg/jam	Kmol/jam	ρ (kg/m ³)	Fraksi Massa	ρ campuran (kg/m ³)
H ₂ (gas)	2	304,7718	152,3859	0	0,0529	0
C ₆ H ₈ N ₂	108	4414,4201	38,0965	1157,7712	0,7145	827,2661
H ₂ O	18	1260	70	1266,7883	0,2188	277,1970
Raney-Ni (AlNi)	85,675	39	0,4552	3460	0,0068	23,4344
NaOH	40	40	1	2039,7223	0,0069	14,1692
Total		5758,1919	261,9376	7924,2818	1,00	1142,0667

$$\text{Densitas campuran} = 1.142,07 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal} = 4,73 \text{ jam}$$

$$V = 29,8760 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Over design} = 1,2 \times 29,8760 \text{ m}^3 = 35,8512 \text{ m}^3$$

$$D = 3,5745 \text{ m}$$

$$H = 5,3617 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan} = H_l = \frac{4V}{\pi D^2} = 3,5736 \text{ m}$$

c. Menghitung Tekanan Desain

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho \cdot h \text{ liquid} \cdot g}{gc}$$

$$P \text{ hidrostatik} = 8,6953 \text{ psi}$$

$$P \text{ absolut} = 449,6953 \text{ psi}$$

P desain = 539,6343 psi

d. Menentukan Tebal Shell

$$ts = \frac{pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

ts = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = Allowable stress (18.750psi)

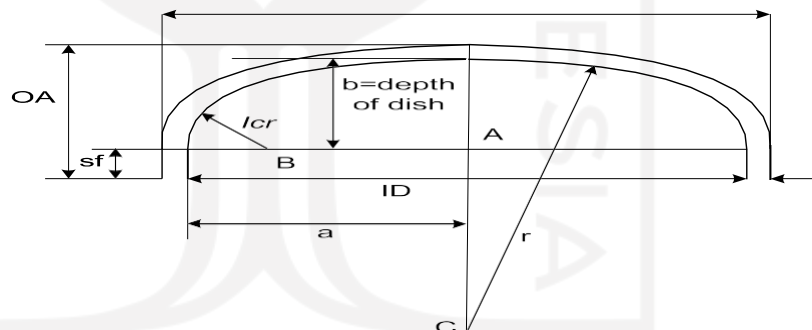
ri = Jari-jari dalam storage (in)

E = Efisiensi pengelasan (80%(double welded butt joint))

C = Faktor korosi (0.125 in)

Diperoleh tebal shell hitungan adalah 2,7122 in, tebal shell standar = 2,75 in.

e. Menghitung Dimensi Head



t = tebal head, in

icr = inside corner radius, in

r = radius of dish, in

OD = outside diameter, in

ID = inside diameter, in

B = depth of dish, in

OA = overall dimension, in

Sf = straight flange

Menghitung Tebal Head :

$$t_s = 2,75 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 9,375 \text{ in}$$

$$r = 144 \text{ in}$$

$$OD = 156 \text{ in}$$

$$ID = 140,73 \text{ in}$$

$$a = ID/2 = 70,36 \text{ in}$$

$$b = ID/4 = 35,18 \text{ in}$$

$$k = a/b = 2$$

$$V = 1/6 (2 + k^2) = 1$$

Diperoleh dari persamaan persamaan 13.10 Brownell and Young, 1959

$$t_h = \frac{P \cdot d \cdot V}{2fE - 0,2 P} + c$$

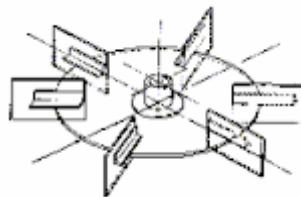
Diperoleh nilai tebal head atas standard adalah 2,665 in dan tebal head bawah standard adalah 2,75 in.

Dari tabel 5.8 Brownell dengan tebal head 0,1875 in didapatkan sf = 1,5 – 4,5 in, digunakan nilai sf 3 in.

Sehingga tinggi head yang diperoleh adalah H head = sf + b + th = 41 in

Tinggi Total Reaktor = 2.H head + H shell = 7,4444 m

f. Menghitung Ukuran Pengaduk



Jenis pengaduk yang digunakan adalah *flat six blade turbine, impeller* jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

$$Dt/Di = 3$$

$$ZI/Di = 2,7 - 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3$$

$$wb/Di = 0,17$$

$$L/Di = 0,25$$

$$\text{Jumlah } baffle = 4$$

$$Di = \text{diameter pengaduk} = 1,1915 \text{ m}$$

$$ZL = \text{tinggi cairan dalam reaktor} = 1,5489 \text{ m}$$

$$wb = \text{lebar baffle} = 0,2025 \text{ m}$$

$$Zi = \text{jarak pengaduk dari dasar tangki} = 4,6468 \text{ m}$$

$$L = \text{lebar pengaduk} = 0,2979 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Impeller} = 1$$

Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk

- *Specific Gravity*

$$s g = \frac{\rho \text{ fluida}}{\rho \text{ air}}$$

$$sg = 1,1455$$

$$WELH = 13,4303 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah putaran (N)} = 64,067 \text{ rpm} = 1,067 \text{ rps}$$

- Menghitung Power Pengaduk :

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D^5}{550gc}$$

$N_p =$ Power Number $= 1,4$
 $\rho =$ Densitas campuran $= 1.093,47 \text{ kg/m}^3$
 $D_i =$ Diameter Pengaduk $= 1,191 \text{ m}$
 $gc = 32,2 \text{ ft.lbm/s}^2 \cdot \text{lbf}$
 $N =$ Kecepatan putar pengaduk $= 1,067 \text{ rps}$
 $P_a = 8,9479 \text{ hP}$

Daya motor, efisiensi motor adalah 86% (figur 14.38 peters hal 521) sehingga

$$P = 10,4046 \text{ hP}$$

Dipilih power standar $P = 15 \text{ hP}$

g. Neraca Panas Reaktor :

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q ₁	799.369,99	-
Q ₂	-	838.785,05
Q Reaksi	453.419,87	-
Q Pendingin	-	414.004,81
Total	1.252.789,86	1.252.789,86

Media pendingin yang yang digunakan adalah Cooling Water dengan suhu masuk 30 °C dan suhu keluar 45 °C.

$$\Delta H = C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta H = \Delta H (45 \text{ }^\circ\text{C}) - \Delta H (30 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\Delta H = (4.18 \times (318 - 298)) - (4.1775 \times (303 - 298))$$

$$\Delta H = 62,71 \text{ kj/kg}$$

Maka kebutuhan pendingin :

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 9.781,80 \text{ kg/jam}$$

Suhu LMTD

Komponen`	C	K	F
Suhu fluida panas masuk reaktor (T ₁)	75	348,15	167
Suhu fluida panas keluar reaktor (T ₂)	75	348,15	167
Suhu fluida dingin masuk (t ₁)	30	303,15	84
Suhu fluida dingin keluar (t ₂)	45	318,15	113

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 38,95 \text{ } ^\circ\text{F}$$

h. Luas Perpindahan Panas :

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

Nilai UD untuk *light organic (hot)* dan *water (cold)* sebesar 75 - 150 Btu/ft².F jam UD = 150 btu/jam.ft².°F

$$A = 0,1555 \text{ m}^2$$

i. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi. D. H = 78,9715 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor maka dipilih jaket pendingin.

j. Perhitungan Desain Jaket Pendingin

▪ **Menghitung ukuran jaket pendingin**

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jaket (jw) diambil :

$$ID = OD \text{ tangki} + 2 \text{ jw}$$

$$ID = 156 \text{ in} + (2 \times 2 \text{ in})$$

$$ID = 160 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \times ID = 240 \text{ in}$$

▪ **Menghitung tebal dinding jaket**

$$ts = \frac{pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

ts = Tebal *shell* (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = *Allowable stress* (18.750psi)

ri = Jari-jari dalam *storage* (in)

E = Efisiensi pengelasan (80%(*double welded butt joint*))

C = Faktor korosi (0.125 in)

Diperoleh tebal *shell* hitungan adalah 3 in, tebal *shell* standar = 3 in.

- **Menghitung tebal *bottom***

Bentuk *bottom* : Ellipsoidal

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD = 166 \text{ in, diambil OD standar} = 168 \text{ in}$$

Sehingga diperoleh : $icr = 10,125 \text{ in}$

$$r = 144 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{P \cdot d \cdot V}{2fE - 0,2P} + c$$

Diperoleh tebal *bottom* hitungan adalah 2,88 in, tebal *bottom* standar = 3 in.

Berdasarkan tabel 5.8 Brownell, dipilih *sf* standar sebesar 4,5 in, sehingga diperoleh tinggi *bottom* sebesar 1,2065 in.

- **Menentukan luas transfer panas jaket**

Luas permukaan tangki untuk tebal head > 1 in :

$$\text{diameter} = OD + \frac{OD}{24} + 2sf + \frac{2}{3}icr + t \quad (\text{pers 5.13 Brownell hal.88})$$

$$De = 193,75 \text{ in}$$

Rumus luas transfer panas jaket :

$$A = OD \times H + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2\right)$$

Diperoleh luas transfer panas jaket sebesar 62475,84

in².

- **Menentukan koefisien perpindahan panas antara reaktor dan jaket**

Berikut merupakan persamaan 2.10, *kern* hal.718 :

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

dengan $\mu = \mu_w$, sehingga $\frac{\mu}{\mu_w} = 1$

Dimana :

D_i = Diameter reaktor (ID shell),ft

h_i = koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft² F

ρ = densitas campuran, lb/ft³

C_p = kapasitas panas larutan, Btu/lb F

D_i = Diameter pengaduk, ft

N = Kecepatan rotasi pengaduk, rph

k = Konduktivitas panas larutan, Btu/jam ft²(F/ft)

μ = Viskositas larutan, lb/ft.h

Sehingga :

$$D_i/k = 35,245$$

$$0,36(L^2 \cdot N \cdot \rho / \mu)^{2/3} = 1859,007$$

$$(C_p \cdot \mu / k)^{1/3} = 57,276$$

$$(\mu / \mu_w)^{0,14} = 1$$

Diperoleh nilai koefisien perpindahan panas (h_i) sebesar

$$3021,019 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

- **Menghitung h_{i0}**

$$h_{i0} = h_i \frac{ID}{OD}$$

Diperoleh nilai h_{i0} sebesar 2657,121 Btu/jam.ft².F

- **Menghitung Ho**

Diketahui nilai jH sebesar 1 diperoleh dari *kern, fig.24*.

$$h_o = j_H \frac{k}{De} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

Sehingga diperoleh nilai ho sebesar 19,058

Btu/jam.ft².F

- **Menghitung *clean overall coefficient* (Uc) dan *designed overall coefficient* (Ud)**

Rumus mencari Uc :

$$U_c = \frac{h_i h_o}{h_i + h_o}$$

Diperoleh nilai Uc sebesar 18,922 Btu/jam.ft².F

Diketahui nilai *fouling factor* (*kern, tabel 12, hal.845*) :

Rd = 0,002 ft.hr.F/Btu

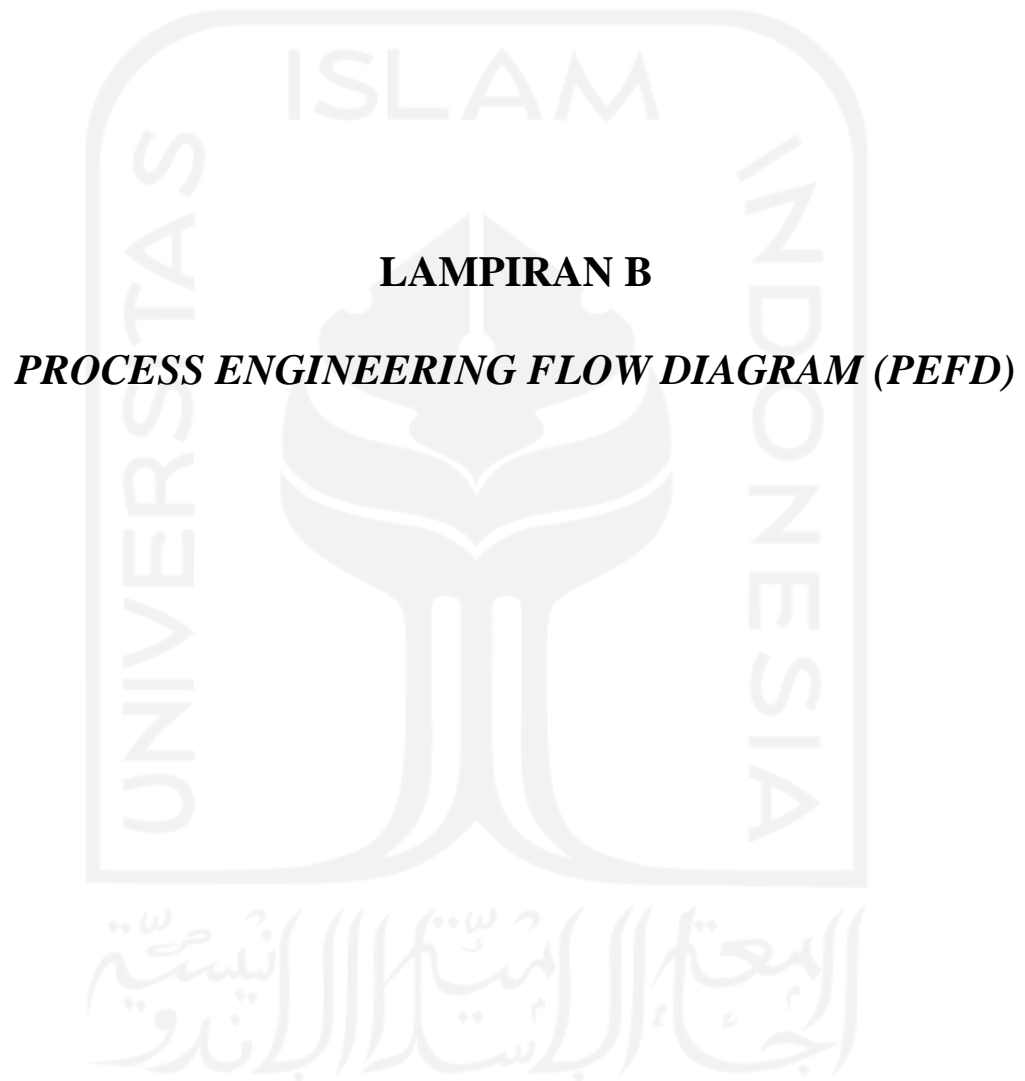
sehingga hD = 1/Rd = 500.

Berdasarkan *example 20.1, Kern, hal. 720* :

$$U_D = \frac{U_c \cdot hD}{U_c + hD}$$

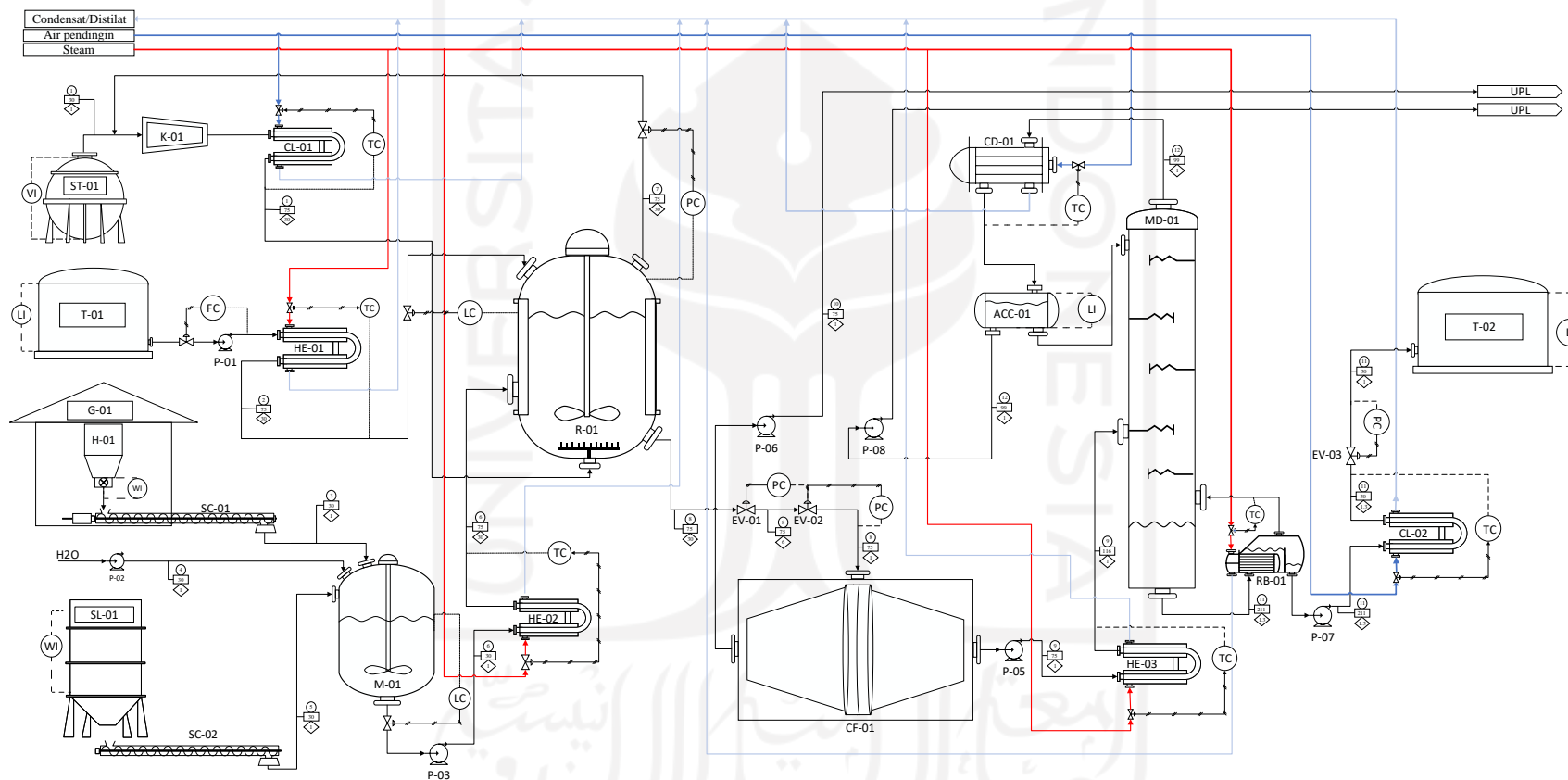
Diperoleh nilai UD sebesar 18,2319 Btu/jam.ft².F atau

103,5258 W/m².K.



PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM

PRA-RANCANGAN PABRIK HEXAMETHYLENEDIAMINE DARI ADIPONITRILE DENGAN REAKSI HIDROGENASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (Kg/Jam)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H ₂	304,77	0	0	0	0	0	2,44	0	0	0	0	0
C ₆ H ₈ N ₂	0	4114,42	0	0	0	0	0	32,92	0,66	32,26	0	32,26
NaOH	0	0	40,0	0	0	40,00	0	40,00	39,20	0,80	0	0,80
Raney-Ni (AlNi)	0	0	0	39,00	0	39,00	0	39,00	38,22	0,78	0	0,78
H ₂ O	0	0	0	0	1260,00	1260,00	0	1260,00	25,20	1234,80	1233,57	1,23
C ₆ H ₁₆ N ₂	0	0	0	0	0	0	0	4383,84	0	4383,84	4,38	4379,45
Total	304,77	4114,42	40,00	39,00	1260,00	1339,00	2,44	5755,75	103,28	5652,48	1237,95	4414,53

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
○	Tekanan, Atm	T	Tangki
○	Temperatur, °C	S	Silo
□	Notasi Arus	R	Reaktor
⊗	Control Valve	M	Mixer
⊕	Pneumatic	CF	Centrifuge
⊖	Electrical	MD	Menara Distilasi
FC	Flow Control	CL	Cooler
LC	Level Control	HE	Heater
PC	Pressure Control	P	Pompa
TC	Temperature Control	SC	Screw Conveyor
WI	Weight Indicator	UPL	Unit Pengolahan Limbah
LI	Level Indicator	CD	Condenser
ST	Spherical Tank	K	Kompresor
EV	Expansion Valve	G	Gudang
H	Hopper	ACC	Accumulator
RB	Reboiler		

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEER FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK HEXAMETHYLENEDIAMINE DARI
ADIPONITRILE DAN HIDROGEN DENGAN KAPASITAS 35000 TON/TAHUN

DISUNYI OLEH:

1. Fani Nur Noviyanti (18521108)
2. Gunter Martha Baya (18521221)

DOSEN PEMBIMBING:

1. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
2. Cholila Tanzyasi, S.T., M.Eng.




LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Fanisa Noviaryanti
 No. MHS : 18521108
2. Nama Mahasiswa : Guntur Martha Baya
 No. MHS : 18521221
- Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENEDIAMINE*
 DARI ADIPONITRILE KAPASITAS 35.000/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**
 Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	23 Desember 2021	Bimbingan Mengenai Judul Prarancangan, Menentukan Kapasitas Pabrik serta Pembagian Tugas antara Pembimbing 1 dengan Pembimbing 2	
2.	6 Januari 2022	Bimbingan Mengenai Kapasitas Pabrik & Jenis Proses Pembuatan <i>Hexamethylenediamine</i>	
3.	3 Februari 2022	Bimbingan Mengenai <i>Safety Capacity</i>	
4.	5 Februari 2022	Persetujuan Luaran Tahap 1	
5.	11 Maret 2022	Persetujuan Luaran Tahap 2 dan 3	
6.	14 Juli 2022	Persetujuan Luaran Tahap 4	
7.	12 Agustus 2022	Persetujuan Luaran Tahap 5 dan 6	
8.	15 Agustus 2022	Bimbingan Mengenai Penentuan Alat Besar	
9.	9 September 2022	Bimbingan Mengenai PEFD	
10.	12 September 2022	Persetujuan Luaran Tahap 7, 8, dan 9	
11.	27 September 2022	Bimbingan NM, Alat Besar, Alat Kecil serta Alat transportasi.	
12.	06 Oktober 2022	Bimbingan Reaktor, NP, Tata Letak Lokasi dan Tata Letak Alat	
13.	10 Oktober 2022	Persetujuan Luaran Tahap 10, 11, 12, dan 13.	
14.	19 Oktober 2022	Bimbingan Naskah	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Pembimbing 1,



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



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

3. Nama Mahasiswa : Fanisa Noviaryanti

No. MHS : 18521108

4. Nama Mahasiswa : Guntur Martha Baya

No. MHS : 18521221

Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENEDIAMINE*
DARI ADIPONITRILE KAPASITAS 35.000/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**

Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	22 Desember 2021	Bimbingan Mengenai Cara Penentuan Kapasitas Pabrik	<i>Apri</i>
2.	27 Desember 2021	Bimbingan Mengenai Kapasitas Pabrik	<i>Apri</i>
3.	11 Januari 2022	Bimbingan Mengenai Jenis Proses Pembuatan <i>Hexamethylenediamine</i>	<i>Apri</i>
4.	3 Februari 2022	Bimbingan Mengenai <i>Safety Capacity</i> , Tinjauan Kinetika serta Tinjauan Termodinamika	<i>Apri</i>
5.	5 Februari 2022	Persetujuan Luaran Tahap 1	<i>Apri</i>
6.	24 Februari 2022	Bimbingan Mengenai Perancangan Produk	<i>Apri</i>
7.	11 Maret 2022	Persetujuan Luaran Tahap 2 dan 3	<i>Apri</i>
8.	27 Mei 2022	Bimbingan Mengenai Perancangan Proses & Reaktor yang digunakan	<i>Apri</i>
9.	24 Juni 2022	Bimbingan Mengenai <i>Block Flow Diagram</i>	<i>Apri</i>
10.	5 Juli 2022	Revisi Diagram Alir Kualitatif	<i>Apri</i>
11.	14 Juli 2022	Persetujuan Luaran Tahap 4	<i>Apri</i>
12.	25 Juli 2022	Bimbingan mengenai Diagram Alir Kuantitatif, Neraca Massa dan Reaktor	<i>Apri</i>
13.	8 Agustus 2022	Revisi Diagram Alir Kuantitatif, Neraca Massa dan Reaktor	<i>Apri</i>
14.	12 Agustus 2022	Persetujuan Luaran Tahap 5 dan 6	<i>Apri</i>
15.	6 September 2022	Bimbingan PEFD & Alat Besar serta Pemisahan	<i>Apri</i>
16.	8 September 2022	Bimbingan Tata Letak Lokasi, Tata Letak Alat & Desain Centrifuge	<i>Apri</i>

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
17.	9 September 2022	Revisi Tata Letak Lokasi, Tata Letak Alat & PEFD	<i>Apri</i>
18.	12 September 2022	Bimbingan Alat Penyimpanan Bahan, Revisi PEFD serta Persetujuan Luaran Tahap 7, 8, dan 9	<i>Apri</i>
19.	06 Oktober 2022	Bimbingan Reaktor, alat transportasi, NP serta Perancangan Pabrik Tata Letak.	<i>Apri</i>
20.	10 Oktober 2022	Persetujuan Luaran Tahap 10, 11, 12, dan 13.	<i>Apri</i>
21.	19 Oktober 2022	Bimbingan Utilitas, Analisis Ekonomi dan Bimbingan Naskah	<i>Apri</i>

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Pembimbing 2,

Apri

Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.