

PRARANCANGAN PABRIK METILANILINA DARI METILAMINA DAN KLOROBENZENA DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Ditti Meridian Maulani

Nama : Bunga Nidor Nefertiti

NIM : 21521005

NIM : 21521032

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK METILANILIN DARI
METILAMINA DAN KLOROBENZENA DENGAN
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ditti Meridian Maulani
NIM : 21521005

Nama : Bunga Nidor Nefertiti
NIM : 21521032

Yogyakarta, 02 Juli 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa 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.

Mahasiswa I



Ditti Meridian Maulani

21521005

Mahasiswa II



Bunga Nidor Nefertiti

21521032

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK METILANILIN DARI
METILAMINA DAN KLOBENZENA DENGAN
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Ditti Meridian Maulani

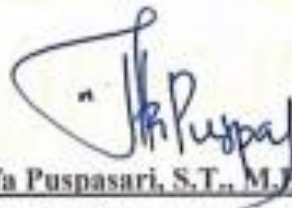
Nama : Bunga Nidor Nefertiti

NIM : 21521005

NIM : 21521032

Yogyakarta, 01 Juli 2025

Pembimbing,



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

NIK. 155210506

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK METILANILINA DARI METILAMINA DAN KLOBENZENA DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Ditti Meridian Maulani Nama : Bunga Nidor Nefertiti
NIM : 21521005 NIM : 21521032

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, 04 Agustus 2025

Tim Penguji,

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

Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota I

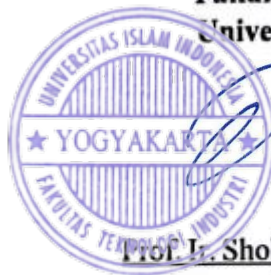
Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.
Anggota II

 7/8 '25

04/08/2025


Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini berjudul “Prarancangan Pabrik Metilnilina dari Metilamina dan Klorobenzena dengan Kapasitas 2.500 Ton/Tahun” yang disusun sebagai bentuk penerapan ilmu Teknik Kimia yang telah penulis peroleh selama masa perkuliahan. Selain itu, tugas akhir ini juga merupakan upaya untuk menjembatani antara aspek akademis dengan kebutuhan dan tantangan di dunia industri. Penulisan ini menjadi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia pada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tersusunnya laporan ini tidak terlepas dari dukungan, do’a, dan bantuan berbagai pihak yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk mendukung penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas kehendak dan limpahan rahmat-Nya yang senantiasa menyertai penulis dalam setiap langkah, termasuk dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga, atas doa yang tiada henti, dukungan moril maupun materil, serta kasih sayang yang menjadi sumber kekuatan selama menjalani studi selama empat tahun terakhir.
3. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berarti dalam penyusunan dan penulisan laporan ini.
6. Seluruh dosen dan staf civitas akademika Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, atas ilmu, pengalaman, serta dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman terdekat, atas semangat, kerja sama, dan kebersamaan yang menjadi penyemangat dalam melalui berbagai tantangan selama studi.

8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi dalam bentuk apa pun sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya. *Aamiin.*

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 01 Juli 2025

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini aku persembahkan untuk semua yang selama ini jadi alasan kenapa aku tetap bertahan, tetap berjalan, disaat semuanya terasa sangat berat. Pertama-tama, *the one and only God*, Allah SWT, sumber kekuatan yang nggak kelihatan tapi selalu terasa. Rasa terima kasih pun tidak cukup untuk semua pertolongan, kenikmatan, ketenangan yang tiba-tiba datang saat hati mulai resah, untuk doa-doa yang diam-diam dikabulkan lewat cara yang nggak pernah disangka, dan keajaiban-keajabaiban lain yang tidak pernah diduga. Buat mamah dan papah yang nggak pernah berhenti mendoakan, menanyakan kabar, terima kasih sudah percaya, bahkan saat aku sendiri ragu sama kemampuanku.

Buat diriku sendiri, ini bukti kecil bahwa kamu bisa, meski sering ngerasa nggak sanggup. Kamu tetap bangun tiap pagi meskipun semalamnya nangis, kamu tetap duduk di depan laptop walaupun kepala rasanya mau pecah. *So proud of you*. Terima kasih karena nggak nyerah. Terima kasih karena tetap mau percaya bahwa sekecil apapun progressnya walaupun cuma buka komputer sambil main hp lebih baik daripada nggak sama sekali.

Untuk Bunga, teman kuliahku, teman perjuanganku, teman ceritaku, dan partner dari mulai KP, penelitian, sampe TA sekarang, terima kasih karena sudah hadir dan mau berjuang bareng sama aku sampai titik ini. Kita udah pernah melewati fase sulit bareng sampe bete-beteaan, senang bareng, nangis bareng, sampe baju yang dipake hampir selalu sama walaupun ga janjiin karena keseringan

bareng-bareng. Dan buat teman-teman seperjuangan — yang sama-sama stres ngadepin revisi, sama-sama tidur di jam yang nggak wajar, yang jadi tempat tukar cerita dan saling nguatinkan — kalian semua punya peran yang nggak bisa diganti. Kita sama-sama tahu rasanya salah perhitungan di awal yang bisa jadi kerubah semuanya, nangis abis bimbingan karena masih banyak revisi, putus asa liat skor CEPT, dan terpaksa duduk berjam-jam di depan laptop.

Untuk bu Ifa, dosen pembimbing yang sabarnya luar biasa, yang masih mau membaca lembar demi lembar dari tulisan ini meski mungkin banyak kurangnya, terima kasih sudah membuka ruang diskusi, memberi waktu, dan memberi kekuatan untuk kita berdua.

Dan terakhir, untuk Gilang, seseorang yang tidak pernah aku sangka akan datang ke hidupku dan menambah kenangan indah. Terima kasih untuk dukungannya dan selalu hadir dalam suka maupun duka walaupun kita terpisah dengan jarak 600 km itu, tapi kamu masih menyempatkan waktu untuk ketemu walaupun sibuk kerja dan kuliah juga. Tungguin aku ya.

Tugas akhir ini bukan cuma lembar-lembar tulisan ilmiah, tapi juga kumpulan rasa, perjuangan, dan doa yang selama ini diam-diam aku simpan sendiri. Semoga semua yang aku tulis di sini bukan cuma selesai sebagai kewajiban akademik, tapi bisa bawa manfaat, sekecil apa pun itu.

(Ditti Meridian Maulani)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur yang tidak bisa diukur memakai angka apa pun, saya mengucapkan terima kasih atas segala kemudahan yang diberikan oleh Allah SWT, yang senantiasa memberi kekuatan dalam kelelahan, petunjuk dalam kebingungan, dan harapan dalam setiap keraguan.

Untuk kedua orang tua saya, manusia paling sabar dan paling kuat yang pernah saya kenal. Terima kasih atas semua do'a yang tidak pernah putus, atas pelukan yang diam-diam menyembuhkan, dan atas kata-kata sederhana yang ternyata bisa menjadi sumber kekuatan untuk terus bertahan. Saya meminta maaf jika selama prosesnya sering kali membuat khawatir, lelah, bahkan kecewa. Semoga hasil ini bisa menjadi sedikit bukti bahwa semua usaha dan pengorbanan yang telah diberikan untuk membesarkan saya tidak sia-sia.

Untuk kakak dan adik saya yang selalu mendukung dalam diam maupun tindakan, terima kasih atas kebersamaan, ketulusan, dan kehangatan yang telah membantu melewati langkah panjang yang penuh perjuangan ini.

Untuk para dosen, khususnya dosen pembimbing kami, terima kasih sudah menjadi bagian penting dari proses pembentukan saya, atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang sangat berarti selama penyusunan skripsi ini. Mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan selama proses bimbingan berlangsung.

Untuk Ditti, rekan saya dari kerja praktik, penelitian, hingga tugas akhir. Terima kasih banyak atas ilmu, dukungan, dan kesabaran yang telah diberikan.

Maaf atas segala kekurangan, kesalahan, atau hal-hal yang mungkin kurang berkenan selama kita bersama. Semoga semua usaha ini menjadi pengalaman berharga dan membawa hasil yang terbaik untuk kita.

Untuk Saddam, *partner* saya sejak tahun 2019, saat kami masih menempuh pendidikan di bangku SMA. Terima kasih atas waktu, kesabaran, dukungan, dan pengertian yang selalu diberikan. Menjadi sumber semangat saat hidup terasa berat dan terlalu sulit untuk dijalani. Semoga segala harapan baik yang telah direncanakan dapat terwujud di kemudian hari.

Untuk sahabat-sahabat saya sejak di bangku SMP dan SMA, terima kasih selalu menerima saat saya dalam keadaan suka maupun duka. Kehadiran kalian adalah penguat saat lelah, dan pengingat bahwa saya tidak pernah benar-benar sendiri dalam perjalanan manapun.

Untuk sahabat-sahabat seperjuangan, yang selalu memberikan dukungan dan motivasi sejak semester satu perkuliahan hingga akhirnya bisa lulus bersama-sama. Terima kasih sudah menemani saya melewati banyak hal, karena keberadaan dan bantuan kalian semuanya menjadi lebih ringan dan berarti.

Dan terakhir, untuk diri saya sendiri yang telah melalui malam panjang, keraguan, dan tekanan, namun tetap memilih untuk melangkah dan menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena tidak pernah benar-benar menyerah.

(Bunga Nidor Nefertiti)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xviii
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Kapasitas Ekonomis.....	3
1.2.2 Kapasitas Bahan Baku	4
1.2.3 Impor.....	4
1.2.4 <i>Gross Economic Evaluation</i> (GEE)	6
1.2.5 Penentuan Kapasitas Desain	7
1.3 Tinjauan Pustaka.....	8
1.3.1 Pemilihan Proses.....	8
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	13
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	13
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	16
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	19
2.1 Spesifikasi Produk.....	19
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	20
2.3 Pengendalian Kualitas	22
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	22
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi	23

BAB III PERANCANGAN PROSES	25
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	25
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	25
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	26
3.2 Uraian Proses.....	27
3.2.1 Tahap persiapan bahan baku	27
3.2.2 Tahap sintesis	28
3.2.3 Tahap pemurnian produk	28
3.3 Spesifikasi Alat.....	29
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	29
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung	30
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	34
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	36
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	42
3.4 Neraca Massa	53
3.4.1 Neraca Massa Setiap Alat	53
3.4.2 Neraca Massa Total.....	55
3.5 Neraca Panas	56
3.5.1 Neraca Panas Setiap Alat	56
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	60
4.1 Lokasi Pabrik.....	60
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	61
4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	63
4.2. Tata Letak Pabrik.....	65
4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses.....	70
4.4 Organisasi Perusahaan.....	74
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	74
4.4.2 Struktur Organisasi	75
4.4.3 Tugas dan Wewenang	79
4.4.4. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	88
BAB V UTILITAS.....	95
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	95
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	95

5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	99
5.1.3 Kebutuhan Air.....	105
5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	108
5.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	111
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>)	114
5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	114
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	114
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas	115
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	125
6.1 Penaksiran Harga Alat	126
6.2 Dasar Perhitungan	132
6.3 Komponen Biaya.....	132
6.3.1 Capital Investment	132
6.3.2 Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>).....	135
6.3.3 Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>).....	137
6.4 Analisa Keuntungan	138
6.5 Analisa Risiko Pabrik	138
6.6 Analisa Kelayakan.....	139
6.6.1 <i>Return On Investment (ROI)</i>	139
6.6.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	140
6.6.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	141
6.6.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	143
6.6.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	143
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	146
7.1 Kesimpulan.....	146
7.2 Saran.....	148
DAFTAR PUSTAKA.....	149
LAMPIRAN A	152
LAMPIRAN B	178
LAMPIRAN C	180

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Metilanilina yang Sudah Berdiri.....	4
Tabel 1.2 Data Impor Metilanilina di Indonesia.....	5
Tabel 1.3 Perhitungan Analisis Ekonomi Kasar Bahan Baku dan Produk	7
Tabel 1.4 Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan Metilanilina.....	12
Tabel 1.5 Nilai $\Delta H^{\circ}f$ Masing-Masing Komponen (Yaws,1999).....	13
Tabel 1.6 Nilai $\Delta G^{\circ}f$ Masing-Masing Komponen	14
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk	19
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	20
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Menara Distilasi	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi Dekanter	32
Tabel 3. 4 Spesifikasi Mixer	33
Tabel 3. 5 Spesifikasi Tangki.....	34
Tabel 3. 6 Spesifikasi Bin.....	35
Tabel 3. 7 Spesifikasi Belt Conveyor	36
Tabel 3. 8 Spesifikasi Bucket Elevator.....	37
Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa.....	38
Tabel 3.10 Spesifikasi Expansion Valve.....	41
Tabel 3.11 Spesifikasi Hopper	42
Tabel 3.12 Spesifikasi Heater	42
Tabel 3.13 Spesifikasi Reboiler	46
Tabel 3.14 Spesifikasi Condensor	47
Tabel 3.15 Spesifikasi Cooler	50
Tabel 3.16 Neraca Massa <i>Mixer</i>	53
Tabel 3.17 Neraca Massa Reaktor	53
Tabel 3.18 Neraca Massa Dekanter	54
Tabel 3.19 Neraca Massa Menara Distilasi.....	54
Tabel 3.20 Neraca Massa <i>Mixing Point</i>	55
Tabel 3.21 Neraca Massa Total	55
Tabel 3.22 Neraca Panas Reaktor (R-01)	56
Tabel 3.23 Neraca Panas Dekanter (DC-01)	56
Tabel 3.24 Neraca Panas Mixer (M-01)	56
Tabel 3.25 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	57
Tabel 3.26 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-01)	57
Tabel 3.27 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-02)	57
Tabel 3.28 Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-01)	58
Tabel 3.29 Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-02)	58
Tabel 3.30 Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-03)	58
Tabel 3.31 Neraca Panas <i>Condenser</i> (CD-01).....	59

Tabel 3.32 Neraca Panas <i>Condenser</i> (CD-02).....	59
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	69
Tabel 4. 2 Perincian Jumlah dan Gaji Karyawan	90
Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Karyawan Shift	93
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Umum Pabrik	105
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Cooling Water</i>	106
Tabel 5. 3 Kebutuhan <i>Boiler Feed Water</i>	107
Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air.....	108
Tabel 5. 5 Kebutuhan <i>Steam</i> untuk Alat Proses	109
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses	111
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas	112
Tabel 5. 8 Total Kebutuhan Listrik	113
Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas	115
Tabel 5.10 Spesifikasi Bak Penampung	118
Tabel 5.11 Spesifikasi Tangki Utilitas	119
Tabel 5.12 Spesifikasi Saringan Pasir	121
Tabel 5.13 Spesifikasi Klarifier	122
Tabel 5.14 Spesifikasi Cooling Tower	123
Tabel 5.15 Spesifikasi Boiler.....	123
Tabel 6.1 Harga Alat Proses.....	128
Tabel 6.2 Harga Alat Utilitas	130
Tabel 6.3 Physical Plant Cost (PPC)	132
Tabel 6.4 Direct Plant Cost (DPC)	133
Tabel 6.5 Fixed Capital Invesment (FCI)	133
Tabel 6.6 Working Capital Invesment (WCI).....	134
Tabel 6.7 Direct Manufacturing Cost (DMC)	135
Tabel 6.8 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	136
Tabel 6.9 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	136
Tabel 6.10 Total Manufacturing Cost (MC)	136
Tabel 6.11 General Expenses (GE).....	137
Tabel 6.12 Total Production Cost	137
Tabel 6.13 Kategori Risiko	138
Tabel 6.14 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	141
Tabel 6.15 Annual Regulated Expenses (Ra)	142
Tabel 6.16 Annual Variable Value (Va).....	142
Tabel 6.17 Annual Sales Value (Sa).....	142
Tabel 6.18 Hasil Evaluasi Ekonomi	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Grafik Data Impor Metilanolina	5
Gambar 3. 1	Diagram Alir Kualitatif.....	25
Gambar 3. 2	Diagram Alir Kuantitatif.....	26
Gambar 4. 1	Lokasi Pabrik	60
Gambar 4. 2	Tata Letak Pabrik	68
Gambar 4. 3	Tata Letak Proses Pabrik (skala 1:500).....	73
Gambar 4. 4	Bagan Struktur Organisasi Pabrik Keseluruhan	78
Gambar 5. 1	Diagram Alir Unit Pengolahan Air.....	110
Gambar 6. 1	Grafik Hubungan Tahun terhadap Indeks CEP	126
Gambar 6. 2	Grafik Evaluasi Ekonomi	145

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel A. 1 Perhitungan Reaktan Mula-mula	153
Tabel A.2 Perhitungan Reaksi	154
Tabel A. 3 Perhitungan Diferensial.....	156
Tabel A. 4 Perhitungan Reaktan Mula-mula Reaksi Optimum	158
Tabel A.5 Optimasi harga berdasarkan jumlah reaktor	162
Tabel A. 6 Neraca Massa Reaktor	163
Gambar A. 1 Perbandingan antara Waktu (menit) dan CA (mol/L)	155
Gambar A. 2 Perbandingan antara log CA dan log dCA/dt.....	157
Gambar A.3 Grafik Optimasi Jumlah Reaktor	162

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Suhu atau Temperatur, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psi
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
V	: Volume, m ³
T	: Waktu, jam
ρ_c	: Densitas campuran, kg/m ³
F _c	: Laju alir volumetrik, m ³ /jam
r _A	: Laju transfer massa (gmol/L.s)
BM	: Berat molekul (kg/mol)
A	: Luas penampang, m ²
t _s	: Tebal shell, in
t _h	: Tebal head, in
r	: Jari-jari dalam reaktor, in
OD	: Diameter luar, m

ID : Diameter dalam, m

F : *Allowable stress*, psi

E : Efisiensi pengelasan

C : Faktor korosi

OA : Tinggi head, m

Re : Bilangan reynold

g : Percepatan gravitasi, m/s

Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft²°F

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft²°F

Cp : Kapasitas panas, Btu/lb °F

Rd : Faktor pengotor

LMTD : *Long Mean Temperature Different*, K

ΔH : Entalpy, kJ/Jam

ABSTRAK

Pendirian pabrik metilanilina berbahan baku metilamina dan klorobenzena akan didirikan di Kota Cilegon, Banten. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja, perizinan dan kondisi sosial masyarakat sekitar. Pabrik ini direncanakan dapat memproduksi metilanilina sebanyak 2.500 ton/tahun dengan waktu operasi selama 24 jam/hari serta 330 hari/tahun. Banyaknya bahan baku yang digunakan adalah metilamina sebanyak 3.785 ton/tahun, klorobenzena sebanyak 2.477 ton/tahun, dan katalis sebanyak 1.936 ton/tahun. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik ini berupa unit penyedia dan pengolahan air, unit pembangkit *steam*, unit pembangkit listrik, unit penyedia udara tekan, unit penyedia bahan bakar dan unit pengolahan limbah. Jumlah karyawan sebanyak 101 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi jenis *line* dan *staff*. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 15,47% dan setelah pajak 11,60%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 3,93 tahun dan setelah pajak 4,63 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 45,04% serta *Shut Down Point* (SDP) sebesar 20,16%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 33%. Dari data analisa kelayakan tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memiliki keuntungan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: Metilanilina, Metilamina, Klorobenzena, Utilitas, Evaluasi Ekonomi

ABSTRACT

The establishment of a methylaniline plant using methylamine and chlorobenzene as raw materials is planned to be located in Cilegon City, Banten. The selection of this site is based on the availability of raw materials, adequate transportation infrastructure, workforce accessibility, licensing considerations, and the surrounding social environment. The plant is designed to produce 2,500 tons/year, operating 24 hours per day and 330 days per year. The raw materials used include 3,785 tons/year of methylamine, 2,477 tons/year of chlorobenzene, and 1,936 tons/year of catalyst. The plant's utility requirements include water supply and treatment units, steam generation units, power generation units, compressed air systems, fuel supply units, and waste treatment facilities. The plant will employ 101 personnel and operate as a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational structure. Based on the economic feasibility analysis, the project yields a Percent Return on Investment (ROI) of 15.47% before tax and 11.60% after tax. The Pay Out Time (POT) is 3.93 years before tax and 4.63 years after tax. The Break Even Point (BEP) is calculated at 45.04%, while the Shut Down Point (SDP) is 20.16%. The Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is 33%. From the feasibility analysis, it is concluded that this plant is profitable and worthy of further study.

Keywords: Methylaniline, Methylamine, Chlorobenzene, Utility, Economic Evaluation

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara berkembang dengan laju pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi. Kondisi ini mengakibatkan peningkatan permintaan masyarakat akan berbagai produk. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan mengembangkan sektor industri kimia. Selain untuk mengurangi ketergantungan pada negara lain dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri, berkembangnya industri di Indonesia akan mendorong pertumbuhan ekonomi dan memperluas lapangan pekerjaan.

Industri kimia memiliki peran krusial dalam berbagai sektor industri karena bahan kimia berfungsi sebagai faktor produksi yang dapat digunakan sebagai bahan baku, aditif, atau barang intermediet dalam berbagai produk. Salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku dan intermediet yang cukup penting dalam industri adalah metilanilina.

Metilanilina merupakan salah satu turunan dari senyawa anilin yang memiliki rumus kimia C_7H_9N atau dapat dituliskan sebagai $C_6H_5NHCH_3$. Senyawa ini dikenal juga dengan nama N-metilanilina (NMA), yang termasuk ke dalam golongan senyawa organik dengan struktur amin aromatik, karena gugus amina ($-NHCH_3$) terikat langsung pada cincin benzena.

Secara fisik, metilanilina berupa cairan kental yang tidak berwarna. Akan tetapi, paparan udara dapat menyebabkan warnanya berubah menjadi coklat akibat reaksi oksidatif. Senyawa ini tidak larut dalam air, tetapi lebih mudah larut dalam eter, etanol, dan karbon tetraklorida. Titik didihnya mencapai 196 °C, sementara titik lelehnya adalah -57 °C.

Permintaan terhadap metilanilina diperkirakan akan terus meningkat, seiring dengan berkembangnya berbagai sektor industri yang memerlukan senyawa ini sebagai bahan pendukung proses produksi. Berdasarkan beberapa publikasi ilmiah, metilanilina diketahui memiliki peran penting dalam berbagai bidang, di antaranya:

- a. Dalam bidang energi dan bahan bakar, metilanilina disebut sebagai salah satu senyawa aromatik amina yang efektif meningkatkan angka oktan pada bensin, yang penting untuk mengurangi *knocking* dan meningkatkan efisiensi pembakaran mesin (Badia, 2021).
- b. Salah satu kontribusi metilanilina dalam industri karet sintetis adalah sebagai bahan pembentuk polianilin, yang berperan sebagai antioksidan aktif. Penambahan polianilin ini terbukti efektif dalam memperlambat proses oksidasi, menjaga elastisitas karet, serta meningkatkan daya tahan komposit EPDM terhadap suhu tinggi dan penuaan. (Zidan, 2023).
- c. Di industri elektronik dan konduktor polimer metilanilina dapat dipolimerisasi secara kimia menjadi polimer dengan konduktivitas tinggi, terutama bila diproses menggunakan doping dan surfaktan. Polimer ini

kemudian digunakan dalam aplikasi elektronik, seperti lapisan konduktif, antistatis, atau dalam elektroda fleksibel (Direksilp, 2020)

- d. Dalam bidang pengolahan air limbah, metilanilina dapat digunakan sebagai bagian dari komposit hidrogel, seperti hidrogel kitosan/poliakrilamida, untuk menyerap zat warna industri seperti *methyl red*. Ini menunjukkan bahwa metilanilina juga memiliki kontribusi dalam pengembangan bahan adsorben ramah lingkungan untuk limbah cair (Mohamed HG, 2021).
- e. Derivasi dari metilanilina meningkatkan sifat fisik pewarna seperti *color fastness*, keberagaman warna, dan stabilitas pada kain sintetis (Bae, 2014).

Saat ini, kebutuhan metilanilina di Indonesia masih bergantung pada impor karena belum ada pabrik yang memproduksinya secara lokal. Dengan mendirikan pabrik ini, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan domestik dan mengurangi ketergantungan pada produk impor.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

1.2.1 Kapasitas Ekonomis

Pabrik metilanilina telah berdiri di berbagai negara di dunia untuk memenuhi kebutuhan industri kimia yang semakin meningkat. Bahan kimia ini penting dalam produksi zat pewarna, karet, dan bahan bakar, sehingga keberadaan pabrik ini membantu banyak negara mengurangi ketergantungan pada impor. Terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi metilanilina beserta kapasitasnya pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.1 Kapasitas Pabrik Metilanilina yang Sudah Berdiri

Nama Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Chemfine International Co., Ltd.	10.000
Relianchem Corporation	20.000
Shenyang Sinochem Biotech	30.000
Anhui Royal Chemical Co., Ltd	100.000
Changzou Baolong Chemicals Co., Ltd.	150.000

Sumber : (www.echemi.com)

1.2.2 Kapasitas Bahan Baku

Metilamina sebagai bahan baku utama diproduksi oleh Anyang Jiutian Chemical Group dengan kapasitas 120.000 ton/tahun, sehingga dapat menjamin ketersediaan pasokan. Klorobenzena tersedia dari Jiangsu Yangnong Chemical dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Sementara itu, katalis Cu_2Cl_2 yang dibutuhkan dalam jumlah relatif kecil dapat diperoleh dari produsen dalam negeri, yaitu PT. Kawaguchi Kimia Indonesia, dengan kapasitas produksi sebesar 4.500 ton/tahun. Ketersediaan bahan baku tersebut mendukung kelancaran proses produksi secara kontinu.

1.2.3 Impor

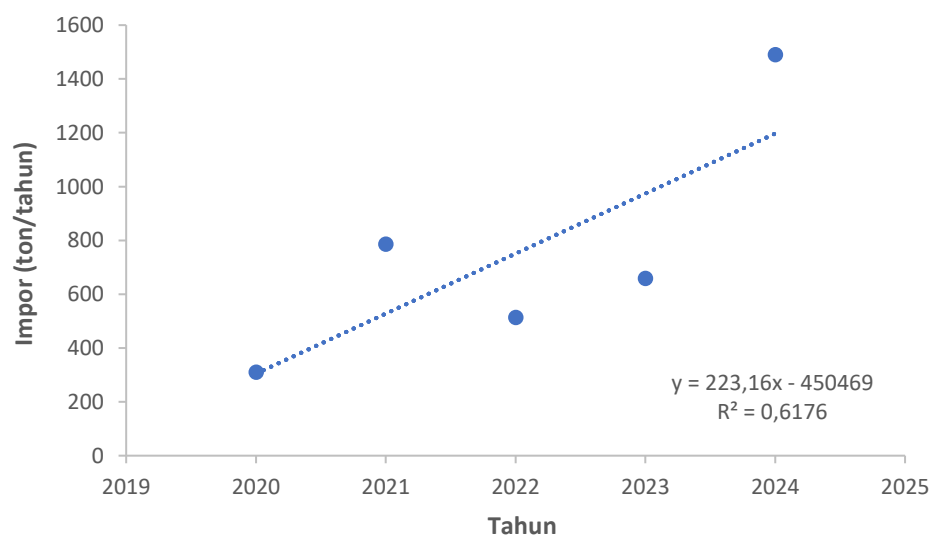
Berdasarkan data riil bahwa produksi metilanilina di Indonesia belum tersedia, kebutuhan dalam negeri dipenuhi melalui impor dari luar negeri. Perkembangan data impor dari tahun 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.2 Data Impor Metilanilina di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2020	309,939
2021	785,067
2022	512,572
2023	657,846
2024	1489,325

Sumber : Badan Pusat Statistik, tahun 2025

Pada perancangan ini, pabrik direncanakan untuk dibangun pada tahun 2030. Data riil tersebut (Tabel 1.2) kemudian diproyeksikan menggunakan metode regresi linear, dengan hasil yang ditampilkan pada Gambar 1.1.

**Gambar 1. 1** Grafik Data Impor Metilanilina

Grafik di atas dibuat menggunakan metode *trendline* pada excel untuk memperoleh persamaan regresi. Rumus kapasitas dihitung sebagai $Kapasitas = Demand - Supply = (Konsumsi + Ekspor) - (Produksi + Impor)$. Namun, karena hingga saat ini belum ada pabrik metilanilina di Indonesia, tidak ada ekspor ke luar negeri, dan konsumsi sepenuhnya berasal dari impor. Oleh karena itu, rumus kapasitas menjadi $Kapasitas = Impor$, dengan asumsi tidak ada pabrik metilanilina yang berdiri di Indonesia hingga tahun 2025.

Pada persamaan regresi linear yang diperoleh, tahun yang diproyeksikan untuk jumlah konsumsi dilambangkan dengan X, sedangkan jumlah konsumsi dilambangkan dengan Y. Persamaan yang diperoleh dari analisis regresi adalah: $y = 223,16x - 450469$. Persamaan ini digunakan untuk memperkirakan kapasitas produksi metilanilina berdasarkan data impor pada tahun tertentu. Dalam hal ini, untuk memproyeksikan kapasitas produksi metilanilina pada tahun 2030, nilai tahun (x) dimasukkan ke dalam persamaan tersebut. Perhitungan dilakukan dengan substitusi angka, yaitu $223,16 (2030) - 450.469$ yang menghasilkan nilai proyeksi impor pada tahun 2030 sebesar 2.545,8 ton/tahun.

1.2.4 Gross Economic Evaluation (GEE)

Gross Economic Evaluation (GEE) merupakan suatu penilaian awal secara kuantitatif menggunakan teknik analisa ekonomi. GEE dihitung menggunakan harga beli bahan baku dan harga jual produk. Data harga bahan baku dan produk beserta perhitungan analisa ekonomi kasar dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perhitungan Analisis Ekonomi Kasar Bahan Baku dan Produk

Bahan	Harga (Rp/ton)	Kebutuhan (ton/tahun)	Total (Rp/tahun)
Metilamina	56.550.000	3.789,52	214.297.382.897
Klorobenzena	19.500.000	2.478,16	48.324.179.030
Cu ₂ Cl ₂	83.650.000	1.936,32	161.973.395.566
Total (Bahan baku)			424.594.957.493
Metilanilina	523.000.000	2.500	1.231.347.224.545
Total (Produk)			1.231.347.224.545

Sumber : TCI Chemicals, 2025

Gross Economic Evaluation (GEE) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{GEE} &= (\text{Harga jual produk utama} + \text{produk samping}) / \text{Harga beli bahan baku} \quad (1.1) \\
 &= 1.231.347.224.545 / 424.594.957.492,92 \\
 &= 2,9
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil GEE sebesar 2,9. Hasil tersebut memenuhi syarat justifikasi kapasitas pabrik yaitu lebih dari 2,5. Parameter penilaian GEE yang menggunakan nilai 2,5 memiliki arti bahwa total harga jual produk per harga beli bahan baku sebesar 40% apabila dibandingkan dengan biaya total dan beberapa biaya lain seperti utilitas, upah karyawan, peralatan, perawatan dan lain-lain. Semakin tinggi nilai GEE menandakan bahwa keuntungan yang akan didapat juga akan semakin besar.

1.2.5 Penentuan Kapasitas Desain

Pabrik metilanilina yang sudah beroperasi memiliki kapasitas produksi yang bervariasi, dengan yang terkecil adalah 10.000 ton/tahun oleh Chemfine International Co., Ltd., dan yang terbesar adalah 150.000 ton/tahun oleh Changzou Baolong Chemicals Co.,

Ltd. di China. Sedangkan hasil regresi linear yang telah dihitung sebesar 2.545,8 ton/tahun, untuk itu dilakukan analisis GEE untuk melihat apakah pabrik dengan kapasitas tersebut menguntungkan. Hasil dari analisis GEE tersebut memenuhi syarat justifikasi kapasitas pabrik, oleh karena itu dipilih kapasitas pabrik sebesar 2.500 ton/tahun.

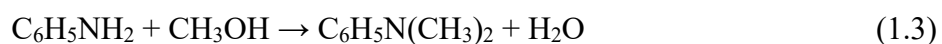
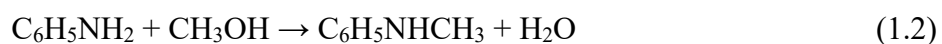
1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Pemilihan Proses

Metilanilina dapat diperoleh melalui dua metode alternatif, yaitu reaksi antara anilin dengan metanol atau reaksi antara metilamina dengan klorobenzena. Penjelasan dari masing-masing metode dijelaskan berikut ini:

a. Reaksi antara Anilin dengan Metanol

Melalui proses alkilasi yang dikatalisis oleh alumina, anilin bereaksi dengan metanol membentuk senyawa metilanilina. Reaksi ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Reaksi antara anilin dan metanol berlangsung dalam fase gas dengan kondisi operasi tekanan sekitar 2,5 atm dan suhu sekitar 225°C. Proses ini menghasilkan metilanilina dan dimetilanilina sebagai produk utama. Selain itu, dekomposisi metanol juga terjadi, menghasilkan reaksi samping berupa gas CO. Reaksi (1.2) bersifat eksotermis, sementara reaksi (1.4) bersifat endotermis. Tetapi secara keseluruhan reaksi tersebut bersifat eksotermis.

Reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed-bed* adiabatik tanpa pendingin karena panas yang dihasilkan relatif rendah (Thomas et al., 1951).

Proses produksi metilanilina dari anilin dan metanol:

Metanol dari tangki penyimpanan dialirkan ke *vaporizer* bersama metanol dari arus daur ulang hasil atas menara distilasi Sementara itu, anilin dari tangki penyimpanan diuapkan menggunakan *vaporizer* lain. Uap metanol dan anilin kemudian diumpankan ke dalam reaktor *fixed-bed* dengan suhu umpan sekitar 225°C dan tekanan operasi sekitar 2,5 atm. Konversi anilin menjadi metilanilina dan dimetilanilina mencapai 52%. Di dalam reaktor, terjadi reaksi alkilasi yang bersifat eksotermis (menghasilkan panas), sehingga suhu keluaran reaktor lebih tinggi dari suhu umpannya. Produk reaksi selanjutnya diumpankan ke kondensor parsial, yang menurunkan suhu hingga sekitar 40°C. Pada suhu ini, sebagian besar metanol, air, anilin, metilanilina, dan dimetilanilina diharapkan mengembun, sehingga dapat dipisahkan dari gas CO dan H₂ di dalam separator.

Hasil kondensasi selanjutnya diumpankan ke menara distilasi untuk memisahkan metanol sebagai reaktan, yang kemudian didaur ulang ke dalam reaktor. Sementara itu, hasil bawah berupa air, anilin, metilanilina, dan dimetilanilina diumpankan ke menara distilasi untuk memisahkan metilanilina dan dimetilanilina dari komponen lainnya. Hasil bawah dari menara distilasi berupa metilanilina dengan konsentrasi 99% kemudian

disimpan di tangki produk. Sedangkan hasil atas, yang terdiri dari air dan sisa anilin, dialirkan ke unit pengolahan limbah.

Data yang digunakan dalam proses ini meliputi:

- Suhu : 225-330°C
- Tekanan : 2,5 atm
- Sifat reaksi : eksotermis-endotermis
- Kondisi proses : adiabatik
- Jenis katalisator : alumina (Al₂O₃)
- Bentuk katalisator : silinder
- Ukuran katalisator : 0,25 in x 0,25 in
- *Bulk density* katalisator : 400 kg/m³

(Thomas et al., 1951)

b. Reaksi antara Metilamina dengan Klorobenzena

Metilamina bereaksi dengan klorobenzena untuk menghasilkan senyawa metilanilina. Proses ini berlangsung dengan bantuan katalis *cuprous chloride* (Cu₂Cl₂), yang mudah larut dalam metilamina dan air.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Klorobenzena Metilamina Metilanilina Metilamin hidroklorida

Reaksi terjadi dalam fase cair dengan suhu reaksi sebesar 215 °C dengan tekanan mencapai 61 atm. Reaksi (1.5) menghasilkan metilanilina dan metilaminhidroklorida sebagai produk.

Proses produksi metilanilina dari metilamina dan klorobenzena:

Klorobenzena dan metilamina direaksikan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan menggunakan katalis *cuprous chloride* (Cu_2Cl_2). Proses reaksi dalam reaktor berlangsung pada suhu $215\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 61 atm. Produk keluaran dari reaktor mengandung metilanilina, metilamina, klorobenzena, metilamina hidroklorida, air, dan katalis *cuprous chloride*.

Hasil tersebut diturunkan suhu dan tekanannya lalu dimasukkan ke dalam dekanter untuk memisahkan metilanilina dan klorobenzena dengan metilamina, katalis Cu_2Cl_2 , dan metilamina hidroklorida. Produk dari dekanter yang berupa klorobenzena dan metilanilina selanjutnya diteruskan ke menara distilasi untuk memisahkan klorobenzena dari metilanilina. Kemudian, dilakukan daur ulang untuk klorobenzena ke reaktor agar bisa digunakan lagi sebagai bahan baku. Sementara hasil bawah dari dekanter yang terdiri atas metilamina, metilamina hidroklorida, H_2O dan Cu_2Cl_2 akan diolah di unit pengolahan limbah.

Data yang digunakan pada proses ini yaitu:

- Suhu : $215\text{ }^\circ\text{C}$
- Tekanan : 61 atm
- Tipe katalis : *Cuprous Chloride* (Cu_2Cl_2)
- Jumlah katalis : 0,4 – 0,6 mol/mol klorobenzena
- Suhu reaksi : $215\text{ }^\circ\text{C}$
- Konsentrasi metilamina : 60 % w/w
- Perbandingan mole metilamina : 5:1 terhadap klorobenzena

- Waktu tinggal reaktor : 30 menit
- Konversi khlorobenzena : 90 %
- Yield : 95 %

(Hughes, 1950)

Kelebihan dan kekurangan dari kedua proses tersebut adalah:

Tabel 1.4 Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan Metilnilina

Proses	Proses reaksi	
Bahan baku	Anilin dengan metanol	Metilamina dengan klorobenzena
Katalis	Alumina (Al_2O_3)	<i>Cuprous chloride</i> (Cu_2Cl_2)
Suhu & Tekanan	225-330 °C 2,5 atm	215 °C 61 atm
Reaktor	Reaktor <i>Fixed Bed</i>	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Konversi	52%	90%
Kelebihan	Anilin dan metanol sebagai bahan baku mudah didapatkan	Produk samping yang dihasilkan mudah dipisahkan dan memiliki biaya lebih rendah

Dengan membandingkan kedua proses yang telah dijelaskan sebelumnya, berdasarkan aspek teknologi proses, peralatan, dan ekonomi, maka proses produksi menilnilin yang dipilih adalah reaksi antara metilamina dan klorobenzena.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

a. Panas Reaksi ($\Delta H^\circ R$)

Penghitungan panas pembentukan reaksi standar $\Delta H^\circ r$ dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu reaksi bersifat eksotermis atau endotermis. Jika $\Delta H^\circ r$ bernilai positif, reaksi bersifat endotermis, sedangkan jika $\Delta H^\circ r$ bernilai negatif, reaksi bersifat eksotermis. Perhitungan $\Delta H^\circ r$ dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 298,15 K. Reaksi yang terjadi seperti Reaksi (1.5). Berikut ini adalah perhitungan panas reaksi:

Tabel 1.5 Nilai $\Delta H^\circ f$ Masing-Masing Komponen (Yaws,1999)

No.	Komponen	($\Delta H^\circ f$) (kJoule/mol)
1.	C_6H_5Cl	51,87
2.	CH_3NH_2	-23,03
3.	$C_6H_5NHCH_3$	85,41
4.	CH_3NH_2HCl	-29,994

$$\Delta H^\circ_{r298,15K} = \sum \Delta H^\circ_f \text{produk} - \sum \Delta H^\circ_f \text{reaktan} \quad (1.6)$$

$$= (\Delta H^\circ_f CH_3NH_2HCl + \Delta H^\circ_f C_7H_9N) - (\Delta H^\circ_f CH_3NH_2 + \Delta H^\circ_f C_6H_5Cl)$$

$$= [(-29,994 + (85,41)) - 2(-23,03) + (51,87)]$$

$$= 49,6060 \text{ kJ/mol (endotermis)}$$

b. Energi Bebas Gibss

Perhitungan energi bebas Gibbs (ΔG°_r) dapat menentukan spontanitas suatu proses jika ΔG°_r bernilai negatif maka reaksi dapat berlangsung

secara spontan, sedangkan jika G°_r bernilai positif maka reaksi berlangsung secara tidak spontan. Perhitungan G°_r dilakukan pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298,15 \text{ K}$

$$\Delta G^{\circ}_{r, 298,15K} = \sum \Delta G^{\circ}_f \text{produk} - \sum \Delta G^{\circ}_f \text{reaktan} \quad (1.7)$$

Tabel 1.6 Nilai ΔG°_f Masing-Masing Komponen

Komponen	$\Delta G^{\circ}_f(\text{kJ/mol})$	Referensi
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	102	Yaws,1999
CH_3NH_2	28,53	Yaws,1999
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCH}_3$	99,16	Yaws,1999
$\text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}$	32,26	Yaws,1999

$$\Delta G^{\circ}_{298,15K} = \sum G^{\circ}_f \text{produk} - \sum G^{\circ}_f \text{reaktan} \quad (1.7)$$

$$= (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{NHCH}_3 + \Delta G^{\circ}_f \text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \Delta G^{\circ}_f 2\text{CH}_3\text{NH}_2)$$

$$= [(32,26 + 99,16) - (102 + 2(28,53))] \text{ kJ/mol}$$

$$= -27,64 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh $\Delta G^{\circ}_{r, 298,15} < 0$ sehingga reaksi pembentukan metilanolina dapat berlangsung secara spontan.

c. Konstanta Keseimbangan Reaksi

Perhitungan konstanta keseimbangan dilakukan berdasarkan persamaan yang terdapat dalam buku Smith et al. (2001), seperti ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta G^{\circ}_{r, 298,15K}}{RT_1} \quad (1.8)$$

Nilai konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan yang terdapat dalam buku Smith, et al (2001), seperti ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta H^\circ_{r298,15K}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1.9)$$

Keterangan:

K1	= Konstanta kesetimbangan pada suhu standar
K2	= Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi
$-\Delta G^\circ_{r298,15K}$	= Energi gibbs pembentukan reaksi pada suhu standar (J/mol)
$-\Delta H^\circ_{r298,15K}$	= Panas pembentukan reaksi pada suhu standar (kJ/mol)
T1	= Suhu standar (K)
T2	= Suhu operasi (K)
R	= Konstanta gas ideal = 8,314 J/mol.K

Konstanta kesetimbangan untuk reaksi pembuatan metilnilina pada suhu standar ditentukan menggunakan persamaan (1.8) berikut :

$$\begin{aligned} \ln K_1 &= \frac{-\Delta G^\circ_{r298,15K}}{RT_1} \\ &= \frac{-27,62 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}} \times 298,15K} \end{aligned}$$

$$K_1 = 6,96 \times 10^4$$

Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi ditentukan menggunakan persamaan (1.9) berikut:

$$\ln\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = \frac{-\Delta H^\circ_{r298,15K}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln\left(\frac{K_2}{6,96 \times 10^4}\right) = \frac{-49,6060 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}}} \left(\frac{1}{488,15} - \frac{1}{298,15}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K_2}{6,96 \times 10^4}\right) = 7,789$$

$$K_2 = 1,67 \times 10^8$$

Nilai konstanta kesetimbangan (K_2) yang besar menunjukkan bahwa reaksi bersifat searah (*irreversible*).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Dilihat dari segi kinetika, hubungan antara kecepatan reaksi dan suhu menunjukkan bahwa kecepatan reaksi meningkat seiring dengan kenaikan suhu.

Data yang digunakan:

Persamaan kecepatan reaksi awal :

$$r_a = k C_A \times C_B \quad (1.10)$$

Rasio perbandingan mol metilamina : klorobenzena = 5 : 1

Konversi total : 90%

Waktu reaksi : 30 menit (1800 detik)

$$C_{A_0} = 10$$

$$C_A = 1$$

Karena metilamina terdapat dalam jumlah berlebih, konsentrasi C_B dianggap konstan sehingga $k \cdot C_B$ dapat digantikan dengan k' , menghasilkan persamaan *pseudo first-order*:

Asumsi orde satu dibuat karena salah satu senyawa berada dalam kondisi *excess* atau berlebih, sehingga dapat dianggap konstan. Dengan demikian, persamaan reaksi menjadi :

$$-r_A = k' \times C_A \quad (1.11)$$

Neraca massa komponen A pada reaktor :

$$\text{Rate of input} - \text{rate of output} - \text{rate of reaction} = \text{rate of accumulation} \quad (1.12)$$

$$0 - 0 - r_A \cdot V = 0$$

$$-r_A \cdot V = \frac{dC_A \cdot V}{dt}$$

$$-r_A = \frac{dC_A}{dt}$$

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{d}{dt} [C_{A0} (1 - X_A)]$$

$$\frac{dC_A}{dt} = C_{A0} \frac{dX_A}{dt}$$

$$kC_A = C_{A0} \frac{dX_A}{dt}$$

$$kC_{A0}(1 - X_A) = C_{A0} \frac{dX_A}{dt}$$

$$\frac{dX_A}{1 - X_A} = k dt$$

Dengan memanfaatkan konversi reaktor 90% dan waktu tinggal reaktor 30 menit (1.800 detik), nilai k dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$1. \quad X_A = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}} = 1 - \frac{C_A}{C_{A0}} \quad (1.13)$$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{1 - X_A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln(1 - X_A) = kt$$

$$k = \left(\frac{1}{1.800} \right) \times \ln(1 - 0,9) \times (-1)$$

$$k = 0,001279/\text{detik}$$

Dengan menggunakan persamaan orde satu didapatkan nilai k sebesar:

$$2. \quad k = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{CA_o}{CA} \right) \quad (1.14)$$

$$k = \frac{1}{1800 \text{ s}} \ln \frac{10}{1}$$

$$k = 0,001279/\text{detik}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi		Metilnilina
Sifat Fisis	Rumus molekul	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCH}_3$
	Berat molekul	107,15 gram/mol
	Titik beku	-57 °C
	Titik didih	196 °C
	<i>Flash point</i>	79,5 °C
	Densitas	0,989 gram/cm ³
	Fase	Cair
	Kelarutan	Larut pada solven organik seperti etanol, etil eter, dan kloroform.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk (lanjutan)

	Kemurnian	99%
Sifat Kimia		Metilnilina dapat mengalami nitration, sulfonasi, dan reaksi substitusi elektrofilik lainnya.
		Gugus metil pada nitrogen meningkatkan kepolaran molekul, membuatnya lebih reaktif dibandingkan anilin.
Sumber		Perry and Green, 1997

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi		Metilamina	Klorobenzena	Katalis <i>cuprous chloride</i>
Sifat Fisis	Rumus molekul	CH ₃ NH ₂	C ₆ H ₅ Cl	Cu ₂ Cl ₂
	Berat molekul	31,057 gram/mol	112,56 gram/mol	198 gram/mol
	Titik beku	-93,4 °C	-45,6 °C	430 °C
	Titik didih	-6,3 °C	132 °C	1490 °C
	<i>Flash point</i>	-10 °C	29,44 °C	-

Tabel 2. 4 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung (lanjutan)

	Densitas	0,7 gram/cm ³	1,11 gram/cm ³	4,14 gram/cm ³
	Fase	Cair	Cair	Padat
	Kelarutan	Terlarut sempurna dalam air	0,5 gram/L pada 20 °C	0,047 gram/L pada 20 °C
	Kemurnian	99%	99,7%	98%
Sifat Kimia		Metilamina dapat bereaksi dengan klorobenzena untuk membentuk metilanilina.	Klorobenzena dapat diubah menjadi fenol melalui proses hidrolisis dengan menambahkan natrium hidroksida.	<i>Cuprous chloride</i> adalah senyawa yang cukup stabil dan tidak mudah bereaksi, sehingga memiliki ketahanan terhadap korosi.
		Metilamina dapat membentuk garam ketika bereaksi dengan asam kuat seperti HCl.	Klorobenzena memiliki cincin aromatik yang stabil, sehingga sulit untuk mengalami oksidasi atau reduksi di bawah kondisi normal.	Dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam beragam reaksi organik.
Sumber		Perry and Green, 1997	Perry and Green, 1997	Haynes, 2011

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa kebijakan terkait standar atau mutu tercermin dalam hasil akhir. Pengawasan kualitas mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan kualitas dan meminimalkan kerugian akibat kerusakan yang terjadi (Sofyan Assauri, 2004).

Beberapa tujuan dari pengendalian kualitas antara lain sebagai berikut:

1. Untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Untuk meminimalkan biaya inspeksi.
3. Untuk meminimalkan biaya desain produk dan proses pada tingkat kualitas tertentu.
4. Untuk meminimalkan biaya produksi.

(Sofyan Assauri, 2004)

Pengendalian kualitas pada pabrik metilanol ini mencakup pengendalian kualitas bahan baku, proses, dan produk. Untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang direncanakan, proses produksi memerlukan pengawasan dan pengendalian yang ketat, agar mutu yang dihasilkan sesuai dengan standar dan waktu produksi berjalan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk memastikan bahwa bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi memenuhi standar yang ditetapkan. Pada pabrik metilanol, diharapkan produk yang dihasilkan dapat

memenuhi standar mutu yang telah ditentukan serta mencapai jumlah produksi dan jadwal yang tepat sesuai dengan perencanaan. Oleh karena itu, sebelum produksi dimulai, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap bahan baku, seperti pengecekan kemurnian klorobenzena dan metilamina, tekanan, suhu, dan lainnya. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, maka akan dilakukan tindakan lebih lanjut.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi di pabrik metilanilina dilakukan pada alat-alat pengendalian yang berfungsi sebagai sistem kontrol. Tujuan dari pengendalian kualitas proses produksi yaitu untuk memastikan kelancaran proses dan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dan seragam sesuai spesifikasi yang diinginkan. Pengendalian kualitas proses produksi diterapkan pada setiap tahapan produksi, dari awal hingga akhir. Apabila terjadi ketidaksesuaian, indikator yang terpasang akan mendeteksi dan memberikan peringatan seperti nyala lampu, alarm, dan lainnya. Alat kontrol yang digunakan berupa pengaturan terhadap kondisi proses seperti suhu dan tekanan. Beberapa alat kontrol yang memerlukan pengaturan khusus dalam kondisi tertentu adalah sebagai berikut :

- *Level Control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk memerintahkan *control valve* agar membuka atau menutup. Alat ini dipasang di bagian atas alat, jika kondisi belum mencapai atau melebihi batas yang ditentukan, alat ini akan mengeluarkan sinyal berupa suara dan lampu yang menyala.

- *Flow Control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengontrol aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar dalam suatu proses.

- *Temperature Control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengontrol suhu pada setiap alat proses. Jika terjadi penyimpangan dari set suhu yang diinginkan, alat ini akan mengeluarkan sinyal berupa suara dan lampu yang menyala.

- *Level Indicator*

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengontrol ketinggian dari larutan pada tangki alat proses.

- *Pressure Control*

Merupakan pengontrol yang dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. Alat ini juga berfungsi untuk memastikan tekanan tidak melebihi batas yang telah ditentukan pada peralatan yang dikendalikan. Biasanya digunakan pada peralatan yang berfase gas.

- *Ratio Control*

Merupakan alat yang berfungsi untuk menjaga komposisi dari suatu proses.

- *Weight controller*

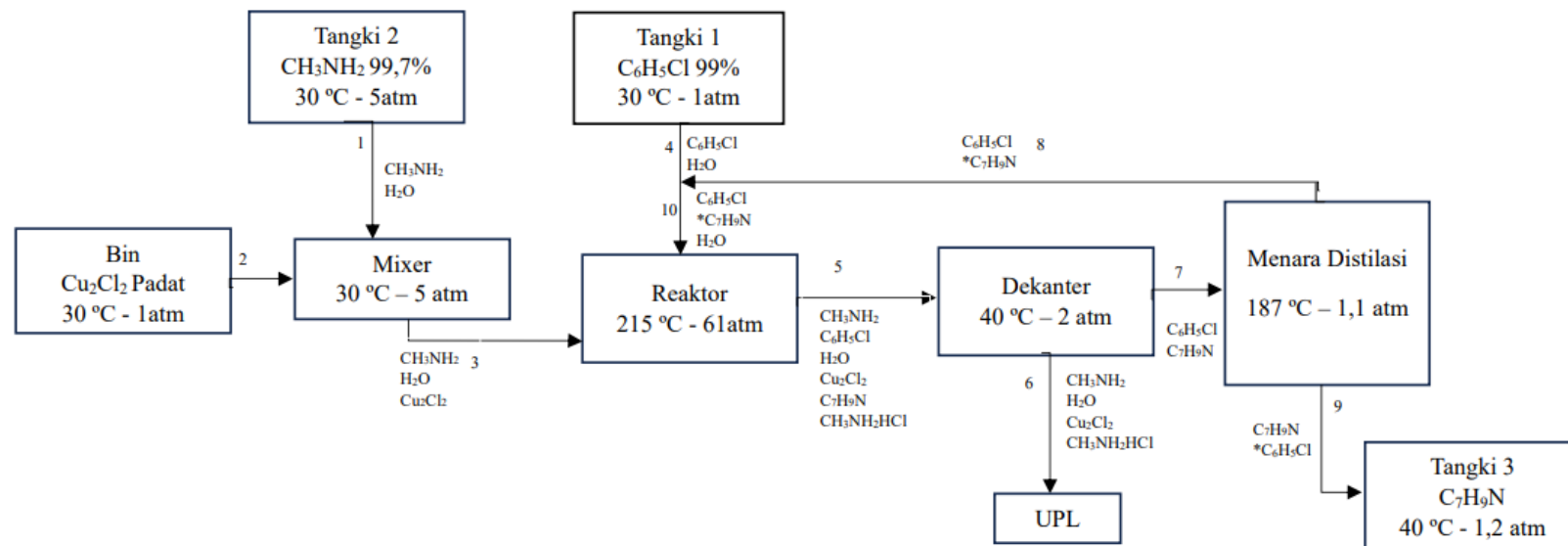
Merupakan perangkat kontrol dalam sistem industri yang digunakan untuk mengukur dan mengatur berat bahan secara otomatis selama proses produksi, seperti dalam penakaran, pengisian, pencampuran (*batching*), atau pengemasan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

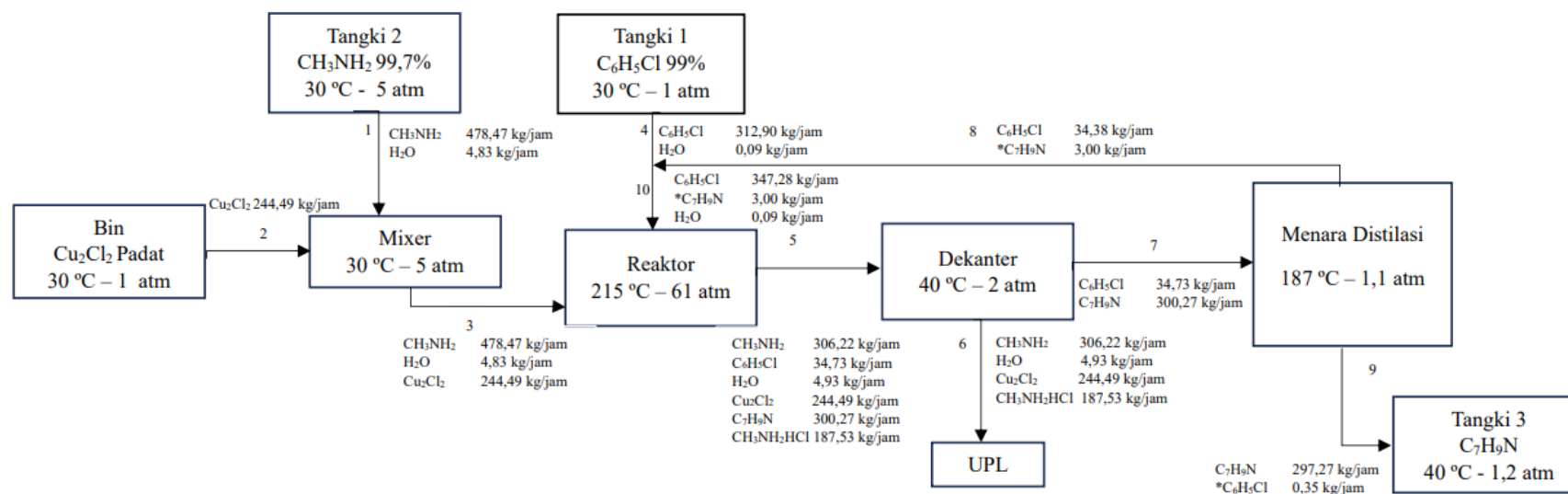
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Dalam proses sintesis metilanilina dari klorobenzena dan metilamina, digunakan katalis *cuprous chloride* (Cu_2Cl_2), yang memiliki kelarutan tinggi dalam metilamina. Reaksi yang terjadi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:



Klorobenzena Metilamina Metilanilina Metilamin hidroklorida

Tahapan dalam proses pembuatan metilanilina dari metilamina dan klorobenzena dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Tahap persiapan bahan baku

Klorobenzena cair sebagai bahan baku disimpan dalam tangki penyimpanan 1 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Umpan segar klorobenzena dari tangki ini kemudian dicampur dengan arus *recycle* dari hasil atas menara distilasi. Selanjutnya, campuran umpan tersebut dipompa untuk meningkatkan tekanan hingga 61 atm. Setelah itu, arus umpan klorobenzena dan *recycle* diarahkan ke *heat exchanger* guna meningkatkan suhu hingga 215°C . Sementara itu, metilamina cair sebagai bahan baku lainnya disimpan dalam tangki penyimpanan 2 pada suhu 30°C dan tekanan 5 atm. Umpan segar metilamina kemudian dicampur dalam *mixer* bersama dengan katalis *cuprous chloride* (Cu_2Cl_2) pada tekanan 5 atm. Campuran ini selanjutnya dipompa untuk meningkatkan tekanan menjadi 61 atm. Setelah itu, arus umpan metilamina masuk ke *heat exchanger* untuk menaikkan suhu hingga 215°C . Kedua aliran umpan yang telah mencapai suhu 215°C dan tekanan 61 atm kemudian dimasukkan ke dalam reaktor untuk tahap selanjutnya.

3.2.2 Tahap sintesis

Reaksi antara klorobenzena dan metilamina berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada kondisi suhu 215°C dan tekanan 61 atm dalam fase cair. Proses ini menghasilkan metilanilina sebagai produk utama serta metilamin hidroklorida sebagai produk samping. Pada kondisi tersebut, konversi yang diharapkan adalah 90% klorobenzena bereaksi membentuk produk utama dan samping.

3.2.3 Tahap pemurnian produk

Hasil dari reaktor diturunkan terlebih dahulu tekanannya hingga 2 atm menggunakan *expansion valve*. Setelah itu, arus tersebut dikondensasikan menggunakan kondensor. Cairan hasil kondensasi kemudian dialirkan ke dekanter untuk memisahkan metilanilina dan klorobenzena dari metilamina, katalis *cuprous chloride*, serta metilamin hidroklorida berdasarkan perbedaan densitasnya. Hasil atas dari dekanter yang terdiri dari klorobenzena dan metilanilina, selanjutnya dialirkan ke *expansion valve* untuk menurunkan tekanannya menjadi 1,1 atm dan dinaikkan suhunya hingga 187°C menggunakan *heat exchanger* kemudian dilanjutkan ke menara distilasi untuk dipisahkan antara klorobenzena dengan metilanilina berdasarkan titik didihnya. Hasil bawah menara distilasi berupa metilanilina dengan kemurnian 99% dialirkan ke tangki penyimpanan 3 pada suhu 40°C dan tekanan 1,2 atm. Sementara itu, hasil atas menara distilasi berupa klorobenzena dengan kemurnian 99,5% dialirkan dan dicampurkan dengan klorobenzena *fresh feed* untuk reaksi selanjutnya.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi Umum	
Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan C_6H_5Cl dan CH_3NH_2 menjadi C_7H_9N dengan katalis Cu_2Cl_2
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Mode operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 39.826.301.560
Kondisi Operasi	
Suhu, $^{\circ}C$	: 215
Tekanan, atm	: 61
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Type 316</i>
Diameter (ID) <i>shell</i> , m	: 1,61
Tebal <i>shell</i> , in	: 3,00
Tinggi total, m	: 3,51
Jenis <i>head</i>	: <i>Eliptical Dished Head</i>
Spesifikasi Khusus	
Jenis <i>impeller</i>	: <i>Turbin 6 pitched blade</i>
Diameter pengaduk, m	: 0,64
Jarak pengaduk (Z_i), m	: 0,22

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (lanjutan)

Tinggi pengaduk (Zl), m	: 76,01
Lebar pengaduk (L), m	: 4,31
Lebar <i>baffle</i> (Wb), m	: 6,33
Jumlah <i>baffle</i> , buah	: 4
Jumlah turbin,, buah	: 6
Jumlah <i>impeller</i> , buah	: 1
Kecepatan pengadukan, rpm	: 320,000
Power pengadukan, hP	: 1000

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

1. Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi

Spesifikasi umum	
Kode	: MD-01
Fungsi	: Memurnikan produk C_7H_9N
Jenis	: <i>Sieve Tray Distillation Tower</i>
Tipe	: <i>Tray</i>
Material	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Umpan	
Suhu, °C	: 187
Tekanan, atm	: 1,1

Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi (lanjutan)

Distilat	
Suhu, °C	: 135
Tekanan, atm	: 1,0
<i>Bottom</i>	
Suhu, °C	: 200
Tekanan, atm	: 1,2
Konstruksi dan Material	
<i>Shell</i>	
Diameter, m	: 1,47
Tinggi total, m	: 11,41
Tebal <i>shell</i> , in	: 0,1875
Material	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
<i>Head</i>	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>shell</i> , in	: 0,1875
Material	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
<i>Tray</i>	
Jenis <i>tray</i>	: <i>Sieve Tray</i>
<i>Hole pitch</i> , mm	: 18,10
Jumlah <i>plate actual</i> , buah	: 19
Diameter <i>tray</i> , m	: 1,45
Diameter <i>hole</i> , m	: 0,005

Tabel 3. 5 Spesifikasi Menara Distilasi (lanjutan)

<i>Tray thickness</i> , m	: 0,005
<i>Tray spacing</i> , m	: 0,6
Jumlah lubang, buah	: 703
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 11.800.082.735

2. Dekanter

Tabel 3. 6 Spesifikasi Dekanter

Spesifikasi Umum:	
Kode	: D-01
Fungsi	: Memisahkan fase <i>light</i> dari fase <i>heavy</i>
Jenis	: <i>Horizontal Cylindrical Vessel</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Type 316</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	: 40
Tekanan, atm	: 2
Konstruksi	
<i>Shell</i>	
Diameter <i>shell</i> , m	: 0,39
Panjang, m	: 1,42
Tebal <i>shell</i> , in	: 0,1875
<i>Head</i>	

Tabel 3. 7 Spesifikasi Dekanter (lanjutan)

Jenis	: <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
Tinggi, m	: 0,25
Tebal, in	: 0,1875
Harga, Rp	: 985.805.795

3. *Mixer*

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Mixer*

Spesifikasi Umum	
Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampurkan bahan utama dan katalis sebelum dimasukkan ke dalam reaktor
Jenis	: Silinder vertical
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Type 316</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	: 30
Tekanan, atm	: 5
Konstruksi	
<i>Shell</i>	
Diameter <i>shell</i> , m	: 0,51
Tinggi <i>shell</i> , m	: 0,57
Tebal <i>shell</i> , in	: 0,1875
<i>Head</i>	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Mixer* (lanjutan)

Tinggi, m	: 0,27
Tebal, in	: 0,1875
Jumlah pengaduk	: 3
Power pengaduk, hP	: 7 1/2
Kecepatan pengaduk, rpm	: 320
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 2.342.855.037

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

1. Tangki

Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki

Spesifikasi Umum			
Kode	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku klorobenzena (C ₆ H ₅ Cl)	Menyimpan bahan baku metilamina (CH ₃ NH ₂)	Menyimpan hasil produk metilnilina (C ₇ H ₉ N)
Lama penyimpanan	30 hari	30 hari	30 hari
Fasa	Cair	Cair	Cair
Jumlah tangki	1	1	1
Jenis tangki	Silinder vertikal	Silinder horizontal	Silinder vertikal
Kondisi Operasi			
Suhu, (°C)	30	30	40
Tekanan (atm)	1	5	1

Tabel 3. 11 Spesifikasi Tangki (lanjutan)

Spesifikasi	Bahan Konstruksi: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> Volume tangki (m ³): 246,85 m ³ Diameter (m): 7,62 m Tinggi (m): 7,32 m Jumlah <i>course</i> : 4 Tebal <i>shell</i> (in): 5/16 in	Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel type 316 SA-167</i> Volume tangki (m ³): 640,64 m ³ Diameter (m): 13,72 m Tinggi (m): 5,48 m Jumlah <i>course</i> : 3 Tebal <i>shell</i> (in): 3/16 in	Bahan Konstruksi: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> Volume tangki (m ³): 264,84 m ³ Diameter (m): 7,62 m Tinggi (m): 7,32 m Jumlah <i>course</i> : 4 Tebal <i>shell</i> (in): 5/16 in
<i>Head & Bottom</i>	Jenis <i>Head</i> : <i>Conical Head</i> Tebal <i>head</i> (in): 7/8 in Jenis <i>Bottom</i> : <i>Flat Bottom</i> Tebal <i>bottom</i> (in): 1 3/4 in	Jenis <i>Head</i> : <i>Torispherical Head</i> Tebal <i>head</i> (in): 3/8 in Jenis <i>Bottom</i> : <i>Flat Bottom</i> Tebal <i>bottom</i> (in): 3/16 in	Jenis <i>Head</i> : <i>Conical Head</i> Tebal <i>head</i> (in): 7/8 in Jenis <i>Bottom</i> : <i>Flat Bottom</i> Tebal <i>bottom</i> (in): 1 5/8 in
Harga, Rp	1.486.139.389	8.475.851.182	1.486.139.389

2. Bin

Tabel 3. 12 Spesifikasi Bin

Spesifikasi Umum	
Kode	: B-01
Fungsi	: Menyimpan bahan baku Cu ₂ Cl ₂
Jenis	: Silinder vertical
Material	: <i>Stainless Steel SA 167 Type 316</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	: 30
Tekanan, atm	: 1
Konstruksi	

Tabel 3. 13 Spesifikasi Bin (lanjutan)

<i>Shell</i>	
Diameter, m	: 2,85
Tinggi, m	: 4,27
Tebal <i>shell</i> , in	: 0,1875
<i>Head</i>	
Jenis	: <i>Conical Bottom</i>
Tinggi, m	: 0,94
Tebal, in	: 0,1875
Jumlah	: 1
Harga, Rp	304.998.541

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. *Belt Conveyor*

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Spesifikasi Umum	
Kode	: <i>Belt Conveyor</i> BC-01
Fungsi	: Mengangkut bahan baku Cu_2Cl_2 padat dari Bin (B-01) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-02) sebanyak 244,4852 kg/jam
Material	: <i>Stainless Steel</i> type 316 SA-167
Jenis	: <i>Closed Belt Conveyor</i>
Jumlah	: 1
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	: 30
Tekanan (atm)	: 1

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Belt Conveyor* (lanjutan)

Spesifikasi	
Panjang <i>belt</i> (m)	: 5
Lebar <i>belt</i> (m)	: 0,36
Kecepatan normal (m/min)	: 61
Kecepatan maksimal (m/min)	: 91
Daya (Watt)	: 372,85
Harga, Rp	: 79.649.301

2. *Bucket Elevator***Tabel 3. 16** Spesifikasi *Bucket Elevator*

Spesifikasi Umum	
Kode	: BE-01
Fungsi	: Mengangkut Cu_2Cl_2 dari <i>Belt Conveyor</i> (BC-01) menuju <i>Hopper</i> (H-01) sebanyak 244,4852 kg/jam
Bahan	: <i>Stainless Steel</i> type 316 SA-167
Jenis	: <i>Centrifugal Discharge</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas (m^3/jam)	: 0,07
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	: 30
Tekanan (atm)	: 1
Spesifikasi	
Panjang bucket (m)	: 0,15

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Bucket Elevator* (lanjutan)

Lebar bucket (m)	: 0,10
Tinggi bucket (m)	: 7,62
Jumlah bucket (buah)	: 29
Kecepatan (m/min)	: 1,6
Daya motor (Watt)	: 1.118,55
Harga, Rp	: 248.661.231

3. Pompa

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa

Nama alat	Pompa		
Kode	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan <i>freshfeed</i> klorobenzena sebanyak 312,99 kg/jam dari Tangki Penyimpanan klorobenzena (TP-01) ke Reaktor (R-01).	Mengalirkan <i>freshfeed</i> metilamina sebanyak 483,30 kg/jam dari Tangki Penyimpanan (TP-02) ke Mixer 1 (M-01)	Mengalirkan metilamina dan katalis Cu_2Cl_2 dari Mixer 1 (M-01) sebanyak 727,79 kg/jam ke Reaktor 1 (R-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
Jumlah	1		
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	
Kapasitas (m^3/jam)	0,34	0,89	0,52
Viskositas (cP)	0,69	0,19	16,29

Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Kecepatan aliran (ft/s)	0,91	2,35	1,39
Spesifikasi			
ID Pipa (in)	0,824	0,824	0,824
OD Pipa (in)	1,05	1,05	1,05
IPS (in)	3/4	3/4	3/4
Flow area (in ²)	0,534	0,534	0,534
Total head pompa (m)	5,37	6,94	6,81
Efisiensi pompa	45%	45%	45%
Power pompa (Watt)	1.298,19	24,35	1.866,99
Power motor (Watt)	2.237,10	372,85	2.237,10
Harga, Rp	151.527.938	151.527.938	151.527.938

Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Nama alat	Pompa	
Kode	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan produk dari Menara Distilasi (MD-01) sebanyak 297,62 kg/jam ke Tangki Penyimpanan Metilanolina (T-03)	Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (MD-01) sebanyak 37,38 kg/jam untuk di-recycle

Tabel 3. 9 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	
Jumlah	1	
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	
Kapasitas (m ³ /jam)	0,37	0,05
Viskositas (cP)	1,39	0,30
Kecepatan aliran (ft/s)	0,97	0,63
Spesifikasi		
ID Pipa (in)	0,824	0,364
OD Pipa (in)	1,05	0,540
IPS (in)	3/4	1/4
Flow area (in ²)	0,534	0,104
Total head pompa (m)	5,34	5,29
Efisiensi pompa	45%	45%
Power pompa (Watt)	10,99	1,38
Power motor (Watt)	372,85	372,85
Harga, Rp	151.527.938	151.527.938

4. *Expansion Valve***Tabel 3.19** Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama alat	<i>Expansion Valve</i>	
Kode	EV-01	EV-02
Fungsi	Menurunkan tekanan keluar reaktor sebanyak 1078,17 kg/jam dari 61 atm menjadi 2 atm.	Menurunkan tekanan keluar dekanter sebanyak 335 kg/jam dari 2 atm menjadi 1,1 atm.
Jenis	<i>Globe valve</i>	
Jumlah	1	
Bahan	<i>Carbon steel</i>	
Kapasitas (kg/jam)	1078,17	335
Spesifikasi		
ID Pipa (in)	0,546	0,493
OD Pipa (in)	0,840	0,675
IPS (in)	1/2	3/8
Flow area (in ²)	0,235	0,192
Panjang ekuivalen (m)	5,49	5,49
Harga, Rp	213.188.152	148.963.619

5. *Hopper***Tabel 3.20** Spesifikasi *Hopper*

Nama alat	<i>Hopper</i>
Kode	H-01
Fungsi	: Menampung Cu_2Cl_2 padat sebanyak 244,4852 kg/jam selama 5 menit
Bahan	: <i>Stainless Steel type 316 SA-167</i>
Jenis	: <i>Conical bin</i>
Jumlah	: 1
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	: 30
Tekanan (atm)	: 1
Spesifikasi	
Diameter (m)	: 0,36
Tinggi silinder (m)	: 0,72
Tinggi kerucut (m)	: 0,18
Tebal <i>shell</i> (in)	: 3/16
Harga, Rp	: 209.807.914

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas1. *Heater***Tabel 3.21** Spesifikasi *Heater*

Kode	HE-01
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran tangki penyimpanan klorobenzena (T-01) menuju reaktor (R-01)
Jumlah	1
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>

Tabel 3.22 Spesifikasi *Heater* (lanjutan)

Jenis bahan	<i>Carbon steel</i> SA-283 grade C	
Jumlah <i>hairpins</i>	1	buah
Panjang <i>hairpins</i>	4,57	m
<i>Hot Fluid : Annulus, Steam</i>		
Suhu	<i>Input</i> : 230 °C	<i>Output</i> : 230 °C
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,11	m
ID	0,10	m
<i>Surface area</i>	1,18	ft ²
ΔP perhitungan	0,40	psi
ΔP diijinkan	10	psi
<i>Cold fluid : Inner pipe, Output</i>		
Suhu	<i>Input</i> : 85 °C	<i>Output</i> : 215 °C
<i>Flow Area</i>	0,005	m ²
OD	0,09	m
ID	0,08	m
<i>Surface Area</i>	0,92	ft ²
ΔP perhitungan	3,53	psi
ΔP diijinkan	10	psi
Rd	0,10	
Rd min	0,003	
Jumlah alat	1	Unit
Harga, Rp	48.566.647	

Tabel 3.12 Spesifikasi *Heater* (lanjutan)

Kode	HE-02	
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran dekanter (DC-01) menuju menara distilasi (MD-01)	
Jumlah	1	
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Jenis Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
Jumlah <i>hairpins</i>	1	buah
Panjang <i>hairpins</i>	3,66	m
<i>Hot Fluid : Annulus, Steam</i>		
Suhu	<i>Input : 230 °C</i>	<i>Output : 230 °C</i>
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,11	m
ID	0,10	m
<i>Surface area</i>	1,18	ft ²
ΔP perhitungan	0,19	psi
ΔP diijinkan	10	psi
<i>Cold fluid : Inner pipe, Output</i>		
Suhu	<i>Input : 30 °C</i>	<i>Output : 188 °C</i>
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,09	m
ID	0,08	m
<i>Surface area</i>	0,92	ft ²
ΔP perhitungan	3,53	psi
ΔP diijinkan	10	psi

Tabel 3.23 Spesifikasi *Heater* (lanjutan)

Rd	0,09	
Rd min	0,003	
Jumlah alat	1	Unit
Harga, Rp	27.197.322	

Tabel 3.12 Spesifikasi *Heater* (lanjutan)

Kode	HE-03	
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran tangki penyimpanan metilamina (T-02) menuju reaktor (R-01)	
Jumlah	1	
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
Jumlah <i>hairpins</i>	1	buah
Panjang <i>hairpins</i>	6,10	m
<i>Hot Fluid : Annulus, Steam</i>		
Suhu	<i>Input : 230 °C</i>	<i>Output : 230 °C</i>
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,11	m
ID	0,10	m
<i>Surface area</i>	1,18	ft ²
ΔP perhitungan	0,004	psi
ΔP diijinkan	10	psi

Tabel 3.24 Spesifikasi *Heater* (lanjutan)

<i>Cold fluid : Inner pipe, Output</i>		
Suhu	<i>Input</i> : 30 °C	<i>Output</i> : 215 °C
<i>Flow area</i>	0,005	m ²
OD	0,09	m
ID	0,08	m
<i>Surface area</i>	0,92	ft ²
ΔP perhitungan	0,01	psi
ΔP diijinkan	10	psi
Rd	0,01	
Rd min	0,003	
Jumlah alat	1	Unit
Harga, Rp	52.451.978	

2. Reboiler

Tabel 3.25 Spesifikasi *Reboiler*

Kode	RB-01				
Fungsi	Menguapkan cairan yang keluar dari MD sebagai hasil bawah				
Jumlah	1				
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>				
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>				
<i>Shell Side</i>			<i>Tube side</i>		
Fluida dingin, Hasil bawah MD			Fluida panas, <i>Steam</i>		
Suhu (°C)	In : 187	Out : 200	Suhu (°C)	In : 230	Out : 230

Tabel 3.26 Spesifikasi *Reboiler* (lanjutan)

Uc		316,65	Btu/hr.ft² F		
Ud		49,0117	Btu/ft².F.hr		
Rd perancangan		0,017	hr.ft². F / BTU		
Rd yang diijinkan		0,003	hr. ft².F / BTU		
0,001		ΔP perhitungan		0,008	Psi
10		ΔP diijinkan		10	Psi
ID	10,00	in	Nt	57	
			Length	12	ft
Baffle	5,00	in	OD	0,75	in
			BWG	14	
Passes	1		Passes	2	
Harga, Rp	1.004.358.254				

3. Condensor

Tabel 3.27 Spesifikasi *Condensor*

Kode	CD-01	
Fungsi	Mengembunkan hasil keluar <i>expansion valve</i> (EV-01) sebelum masuk decanter (D- 01)	
Jenis Pompa	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Jenis Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
Spesifikasi :		
a"	0,60	in ²
Pt	1 1/4	<i>Triangular</i>

Tabel 3.28 Spesifikasi *Condensor* (lanjutan)

<i>Passes</i>	2	
A	260,75	ft ²
Uc	77,81	Btu/hr.ft ² .F
Ud	60,00	Btu/hr.ft ² .F
Rd <i>calculated</i>	0,004	
Rd min	0,003	
<i>Hot Fluid : Shell, Produk</i>		
Suhu	In : 105°C	Out : 40°C
IDs	0,20	m
<i>Passes</i>	1	
Δ P perhitungan	1,14	psi
Δ P diijinkan	10	psi
<i>Cold Fluid : Tube, Cooling Water</i>		
Suhu	In : 25°C	Out : 50°C
Nt	83	buah
L	0,30	m
OD	0,03	m
ID	0,02	m
BWG	16	
Δ P perhitungan	2,7	psi
Δ P diijinkan	10	psi
Harga, Rp	423.501.159	

Tabel 3.14 Spesifikasi *Condensor* (lanjutan)

Kode	CD-02	
Fungsi	Untuk mengembunkan uap (hasil atas) menjadi liquid dari MD	
Jenis Pompa	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Jenis Bahan	<i>Carbon Steel</i> SA-283 grade C	
Spesifikasi :		
a"	0,60	in ²
Pt	1 1/4	<i>Triangular</i>
<i>Passes</i>	2	
A	37,70	ft ²
Uc	100,04	Btu/hr.ft ² .F

Tabel 3.14 Spesifikasi *Condensor* (lanjutan)

Ud	67,02	Btu/hr.ft ² .F
Rd <i>calculated</i>	0,005	
Rd min	0,003	
<i>Hot Fluid : Shell, Produk</i>		
Suhu	In : 135°C	Out : 100°C
IDs	0,20	m
Passes	1	
ΔP perhitungan	0,11	psi
ΔP diijinkan	10	psi
<i>Cold Fluid : Tube, Cooling Water</i>		
Suhu	In : 25°C	Out : 50°C

Tabel 3.29 Spesifikasi *Condensor* (lanjutan)

Nt	41	buah
L	0,30	m
OD	0,03	m
ID	0,02	m
BWG	16	
ΔP perhitungan	2,7	psi
ΔP diijinkan	10	psi
Harga, Rp	196.209.253	

4. Cooler

Tabel 3.30 Spesifikasi *Cooler*

Kode	CL-01	
Fungsi	Menurunkan temperatur produk metilanolina sebelum menuju tangki penyimpanan (T-03)	
Jumlah	1	
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Jenis bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	
Jumlah <i>hairpins</i>	1,00	buah
Panjang <i>Hairpins</i>	6,1	m
<i>Hot Fluid : Annulus, Produk</i>		
Suhu	<i>Input : 200 °C</i>	<i>Output : 100 °C</i>
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,11	m
ID	0,10	m

Tabel 3.31 Spesifikasi *Cooler* (lanjutan)

<i>Surface area</i>	1,18	ft ²
ΔP perhitungan	0,002	psi
ΔP diijinkan	10	psi
<i>Cold fluid : Inner pipe, Cooling Water</i>		
Suhu	<i>Input</i> : 25 °C	<i>Output</i> : 80 °C
<i>Flow area</i>	0,005	m ²
OD	0,09	m
ID	0,08	m
<i>Surface Area</i>	0,92	ft ²
ΔP perhitungan	0,0001	psi
ΔP diijinkan	10	psi
Rd	0,120	
Rd min	0,003	
Jumlah alat	1	Unit
Harga, Rp	67.993.305	

Tabel 3.15 Spesifikasi *Cooler* (lanjutan)

Kode	CL-02
Fungsi :	Menurunkan temperatur produk metilanilina sebelum menuju tangki penyimpanan (T-03)
Jumlah	1
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>

Tabel 3.32 Spesifikasi *Cooler* (lanjutan)

Jumlah <i>hairpins</i>	1,00	buah
Panjang <i>hairpins</i>	6,1	m
<i>Hot Fluid : Annulus, Produk</i>		
Suhu	Input : 100 °C	Output : 40 °C
<i>Flow area</i>	0,002	m ²
OD	0,11	m
ID	0,10	m
<i>Surface area</i>	1,18	ft ²
ΔP perhitungan	0,002	psi
ΔP diijinkan	10	psi
<i>Cold fluid : Inner pipe, Cooling Water</i>		
Suhu	Input : 25 °C	Output : 50 °C
<i>Flow Area</i>	0,005	m ²
OD	0,09	m
ID	0,08	m
<i>Surface area</i>	0,92	ft ²
ΔP perhitungan	0,0001	psi
ΔP diijinkan	10	psi
Rd	0,073	
Rd min	0,003	
Jumlah alat	1	Unit
Harga, Rp	67.993.305	

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Setiap Alat

1. Mixer

Tabel 3.33 Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H ₂ O	4,83	0	4,83
CH ₃ NH ₂	478,47	0	478,47
Cu ₂ Cl ₂	0	244,48	244,48
Sub Total	483,30	244,48	727,79
Total	727,79		727,79

2. Reaktor

Tabel 3.34 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 10	Arus 5
C ₆ H ₅ NHCH ₃	0	3,00	300,27
H ₂ O	4,83	0,09	4,92
CH ₃ NH ₂	478,47	0	306,22
C ₆ H ₅ Cl	0	347,28	34,72
CH ₃ NH ₂ HCl	0	0	187,53
Cu ₂ Cl ₂	244,48	0	244,48
Sub Total	727,79	350,37	1.078,17
Total	1.078,17		1.078,17

3. Dekanter

Tabel 3.35 Neraca Massa Dekanter

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
$C_6H_5NHCH_3$	300,27	0	300,27
H_2O	4,92	4,93	0
CH_3NH_2	306,22	306,22	0
C_6H_5Cl	34,72	0	34,73
CH_3NH_2HCl	187,53	187,53	0
Cu_2Cl_2	244,48	244,48	0
Sub Total	1.078,17	743,17	335,00
Total	1.078,17	1.078,17	

4. Menara Distilasi

Tabel 3.36 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
$C_6H_5NHCH_3$	300,27	3,00	297,28
C_6H_5Cl	34,72	34,38	0,34
Sub Total	335,00	37,38	297,62
Total	335,00	335,00	

5. *Mixing Point*

Tabel 3.37 Neraca Massa *Mixing Point*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 4	Arus 8	Arus 10
$C_6H_5NHCH_3$	0	3,00	3,00
C_6H_5Cl	312,89	34,38	347,28
H_2O	0,09	0	0,09
Sub Total	312,99	37,38	350,37
Total	350,37		350,37

3.4.2 Neraca Massa Total

Tabel 3.38 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 6	Arus 9
$C_6H_5NHCH_3$	0	0	0	0	297,27
C_6H_5Cl	0	0	312,89	0	0,34
H_2O	4,83	0	0,09	4,92	0
CH_3NH_2	478,47	0	0	306,23	0
Cu_2Cl_2	0	244,48	0	244,48	0
CH_3NH_2HCl	0	0	0	187,53	0
Sub Total	483,31	244,48	312,99	743,17	297,62
Total	1.040,79			1.040,79	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Setiap Alat

1. Reaktor

Tabel 3.39 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	591,61	
Q out		569,15
Q <i>steam</i>		977.121,58
QR	977.099,11	
Total	977.690,73	977.690,73

2. Dekanter

Tabel 3.40 Neraca Panas Dekanter (DC-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	27,99	
Q out		27,99
Total	27,99	27,99

3. Mixer

Tabel 3.41 Neraca Panas Mixer (M-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	9,33	
Q out		9,33
Total	9,33	9,33

4. Menara Distilasi

Tabel 3.42 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	57.391,32	
Q out		21.046,65
Q pendingin		17.762.972,43
Q steam	17.726.627,76	
Total	17.784.019,08	17.784.019,08

5. Cooler

Tabel 3.43 Neraca Panas Cooler (CL-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	138.040,99	
Q out		56.411,84
Q pendingin		81.629,15
Total	138.040,99	138.040,99

6. Cooler

Tabel 3.44 Neraca Panas Cooler (CL-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	56.411,84	
Q out		11.102,75
Q pendingin		45.309,09
Total	56.411,84	56.411,84

7. *Heater***Tabel 3.45** Neraca Panas *Heater* (HE-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	30.160,26	
Q out		102.788,41
Q <i>steam</i>	72.628,15	
Total	102.788,41	102.788,41

8. *Heater***Tabel 3.46** Neraca Panas *Heater* (HE-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	1.829,90	
Q out		103.458,56
Q <i>steam</i>	101.628,65	
Total	103.458,56	103.458,56

9. *Heater***Tabel 3.47** Neraca Panas *Heater* (HE-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	9.259,63	
Q out		48.6692,41
Q <i>steam</i>	477.432,78	
Total	486.692,41	486.692,41

10. *Condenser***Tabel 3.48** Neraca Panas *Condenser* (CD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	999.251,63	
Q out		22.130,05
Q pendingin		977.121,58
Total	999.251,63	999.251,63

11. *Condenser***Tabel 3.49** Neraca Panas *Condenser* (CD-02)

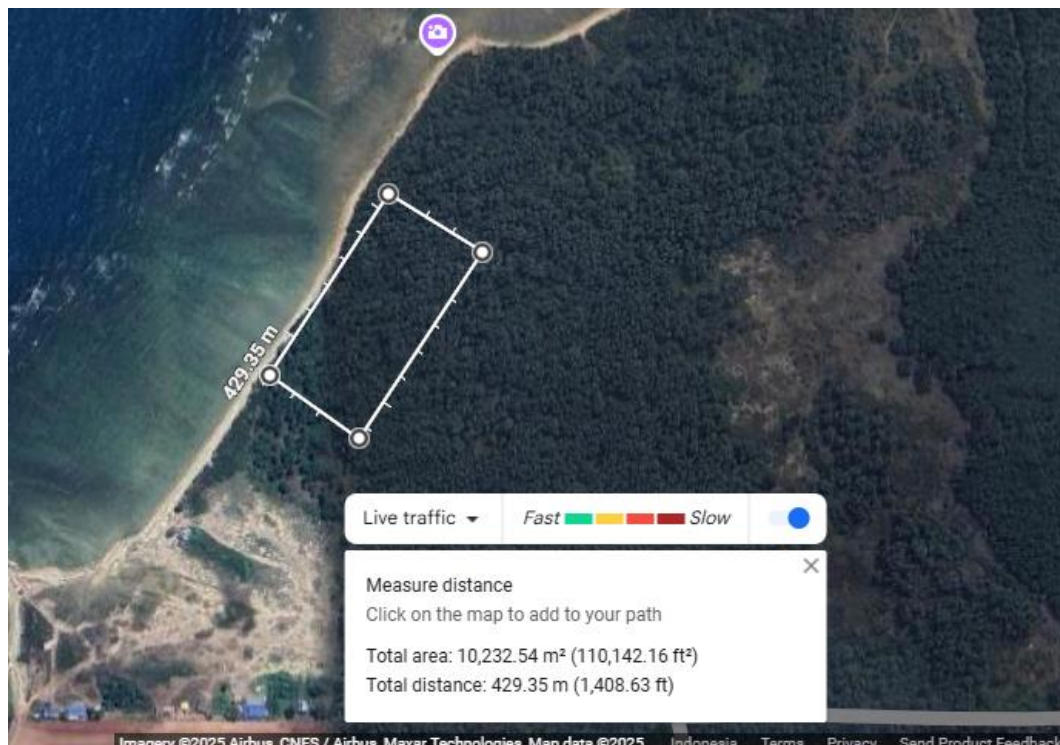
Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	17.767.244,15	
Q out		4.271,73
Q pendingin		17.762.972,42
Total	17.767.244,15	17.767.244,15

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik. Pemilihan lokasi yang mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis akan berpengaruh pada operasional pabrik. Lokasi yang tepat dapat menekan biaya produksi dan distribusi serta meningkatkan efisiensi. Pabrik metilanilina ini direncanakan berlokasi di Desa Warnasari, Kecamatan Citangkil, Kota Cilegon, Banten. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

Beberapa faktor lain yang dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik yang menguntungkan, baik dari segi teknis maupun ekonomis.

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor utama yang secara langsung memengaruhi tujuan utama pabrik, yaitu produksi dan distribusi produk. Faktor-faktor tersebut mencakup:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama untuk memproduksi metilanilina seperti klorobenzena dan metilamina sebagian besar belum diproduksi di Indonesia sehingga pemasokannya bergantung pada impor. Namun pemenuhan kebutuhan NaOH untuk utilitas tidak perlu mengimpor dari negara lain. Bahan tersebut bisa diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berada di dekat pembangunan pabrik.

b. Kedekatan Pabrik dengan Wilayah Pemasaran

Lokasi pabrik sebaiknya berada dekat dengan daerah pemasaran untuk mengurangi biaya distribusi dan mempercepat waktu pengiriman. Cilegon, yang merupakan kawasan industri kimia besar dan berkembang pesat, menjadi lokasi strategis untuk pendirian pabrik metilanilina. Produk metilanilina yang dihasilkan nantinya akan didistribusikan ke PT Indo Kordsa Tbk yang bergerak di bidang manufaktur tekstil, PT Sari Daya Plasindo yang menggunakan antioksidan sebagai aditif dalam produksi karet, serta PT Pertamina Balongan untuk kebutuhan *octane booster* pada

bahan bakar. Ketiga pabrik tersebut berlokasi tidak jauh dari pabrik yang akan dibangun di Cilegon.

c. Sarana dan Transportasi

Cilegon memiliki infrastruktur transportasi darat dan laut yang memadai. Akses transportasi darat yang baik akan mempermudah distribusi bahan baku serta pengiriman produk akhir. Selain itu, letaknya yang berdekatan dengan Pelabuhan Cilegon Mandiri memberikan kemudahan dalam pemasaran produk ke berbagai wilayah, baik antar pulau maupun internasional melalui jalur laut.

d. Ketersediaan Tenaga Kerja

Cilegon memiliki jumlah tenaga kerja yang cukup besar, mencakup tenaga kerja dari berbagai tingkat keahlian, mulai dari pekerja kasar hingga tenaga ahli. Pendirian pabrik di wilayah ini diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.

e. Utilitas

Sebagai kawasan industri, Cilegon memiliki akses yang mudah terhadap penyedia bahan bakar di sekitarnya. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi oleh PT PLN, sementara generator dapat dibangun sebagai cadangan. Pasokan bahan bakar akan diperoleh dari sumber energi atau panas yang menggunakan minyak bakar, yang disuplai dari Terminal BBM Tanjung Gerem. Untuk kebutuhan air dalam proses produksi, utilitas, dan sanitasi, sumber air dapat diambil dari laut di bagian barat pabrik atau dari

Sungai Cidanau. Selain itu, air bersih juga dapat diperoleh dari PT Krakatau Tirta Industri, yang berperan sebagai penyedia dan pengolah air industri di Kawasan Industri Krakatau.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor pendukung yang berperan dalam menjaga kelancaran operasional pabrik serta mendukung efisiensi produksi dan distribusi.

Faktor-faktor tersebut mencakup:

a. Kondisi Tanah dan Daerah

Kawasan Cilegon memiliki potensi ekonomi, geografis, dan sumber daya alam yang strategis untuk dikembangkan secara optimal. Keadaan tanah yang datar dan luas memberikan keuntungan besar bagi pendirian pabrik dan infrastruktur industri. Sebagai salah satu pusat industri utama di Indonesia, Cilegon juga diharapkan mampu mengelola dan meminimalkan dampak lingkungan secara efektif melalui penerapan regulasi yang ketat dan langkah-langkah berkelanjutan.

b. Iklim

Cilegon adalah kawasan industri dengan kondisi iklim yang cenderung stabil, sehingga mendukung kelancaran aktivitas produksi. Iklim di daerah ini termasuk dalam kategori tropis basah, ditandai dengan curah hujan sepanjang tahun serta suhu rata-rata berkisar antara 24–33 °C.

c. Penanganan Limbah

Proses produksi dalam industri menghasilkan limbah berbahaya yang berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan fasilitas

pengolahan limbah di area pabrik untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan serta menjaga kenyamanan dan keamanan masyarakat sekitar. Mengingat ketersediaan lahan kosong di lokasi pabrik yang cukup luas, unit pengolahan limbah dapat dibangun di dekat pabrik agar limbah dari proses produksi dapat dikelola secara langsung dan lebih efisien.

d. Perluasan Area Pabrik

Cilegon memiliki lahan yang cukup luas, sehingga memungkinkan untuk melakukan perluasan pabrik apabila diperlukan.

e. Perlindungan Bencana

Cilegon terletak di bagian paling barat Pulau Jawa, berdekatan dengan Selat Sunda dan Gunung Anak Krakatau. Berdasarkan data BMKG, dalam sepuluh tahun terakhir tidak tercatat adanya gempa yang berpusat di wilayah Banten.

f. Kemasyarakatan

Sebagai kawasan industri, masyarakat Cilegon telah terbiasa dengan lingkungan industri. Oleh karena itu, pendirian pabrik diharapkan dapat diterima dengan baik dan memungkinkan adaptasi yang cepat.

g. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan berbagai kepentingan pemerintah yang terkait. Cilegon merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah sehingga faktor-faktor seperti kebijakan pemerintah dalam hal ini perizinan, lingkungan masyarakat, dan faktor sosial serta

perluasan pabrik sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik metilanilina.

4.2. Tata Letak Pabrik

Perancangan tata letak lokasi di dalam area pabrik merupakan salah satu aspek fundamental yang harus direncanakan secara sistematis dan rasional. Hal ini bertujuan untuk menjamin kelancaran jalannya proses produksi, meningkatkan efisiensi operasional, serta memastikan terciptanya lingkungan kerja yang aman bagi seluruh pekerja. Tata letak pabrik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap berbagai aspek penting dalam operasional industri, di antaranya adalah besarnya biaya pembangunan fasilitas, efisiensi jalur proses, penghematan sumber daya, serta tingkat keselamatan kerja yang dapat dicapai. Oleh karena itu, dalam menentukan tata letak pabrik yang optimal, diperlukan pertimbangan terhadap berbagai faktor teknis maupun non-teknis yang berkaitan langsung dengan karakteristik proses produksi, spesifikasi peralatan, alur material, kebutuhan utilitas, serta aspek keselamatan dan lingkungan. Berikut beberapa faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan tata letak pabrik:

a. Aspek Keselamatan Kerja

Dalam perancangan tata letak pabrik, keselamatan kerja menjadi salah satu faktor yang paling krusial untuk diperhatikan. Lokasi pabrik idealnya harus dipilih di area yang cukup jauh dari pemukiman padat penduduk atau kawasan dengan tingkat aktivitas publik yang tinggi, guna meminimalkan dampak apabila terjadi kondisi darurat seperti kecelakaan industri. Selain itu, pabrik juga sebaiknya memiliki *buffer zone* atau area perlindungan dari

bangunan-bangunan di sekitarnya yang dapat berisiko memperbesar dampak kebakaran atau ledakan. Potensi terjadinya insiden berbahaya seperti kebakaran, tumpahan bahan kimia, ledakan, atau kebocoran gas harus dipertimbangkan secara menyeluruh dalam penataan fasilitas, termasuk dengan memperhitungkan jalur evakuasi, sistem pemadam kebakaran, dan jarak aman antar unit proses.

b. Potensi Pengembangan Lokasi di Masa Depan

Tata letak dalam pabrik sebaiknya dirancang dengan mempertimbangkan kemungkinan ekspansi atau perluasan fasilitas di masa mendatang. Hal ini penting agar kegiatan perluasan dapat dilakukan secara efisien tanpa mengganggu operasional pabrik yang sedang berjalan. Oleh karena itu, dalam tahap perencanaan awal, perlu disiapkan ruang atau lahan cadangan yang dapat dimanfaatkan di kemudian hari apabila terdapat kebutuhan peningkatan kapasitas produksi, penambahan unit proses baru, atau pengembangan fasilitas penunjang lainnya.

c. Efisiensi Distribusi Utilitas

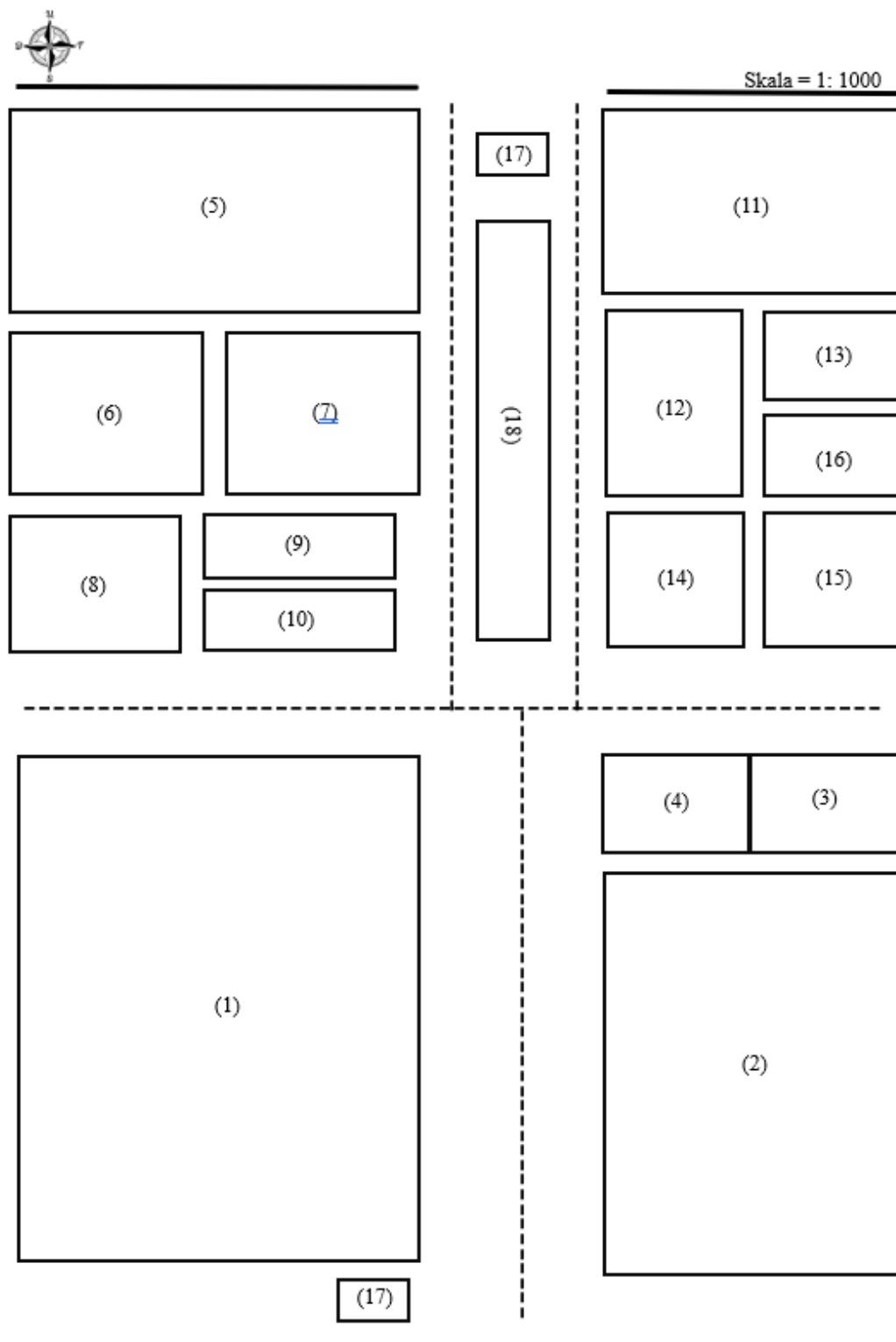
Dalam perancangan tata letak pabrik, efisiensi distribusi utilitas seperti air, uap (*steam*), dan energi listrik menjadi aspek yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Penempatan peralatan dan jalur pipa atau kabel harus dirancang sedemikian rupa agar aliran utilitas dapat menjangkau seluruh unit proses secara mudah, cepat, dan tanpa hambatan yang berarti. Sistem distribusi yang baik akan meminimalkan kehilangan energi selama proses penyaluran serta mengurangi kebutuhan instalasi tambahan yang dapat

meningkatkan biaya operasional. Dengan demikian, tata letak yang dirancang secara ekonomis dalam hal distribusi utilitas akan membantu menekan biaya produksi secara keseluruhan dan meningkatkan efisiensi pabrik dalam jangka panjang.

d. Lalu Lintas Internal yang Efisien dan Aman

Perancangan lalu lintas di dalam pabrik harus mendukung kelancaran operasional dan keselamatan kerja. Jalur kendaraan dan pejalan kaki perlu dipisahkan untuk menghindari kecelakaan. Selain itu, batas kecepatan di area pabrik harus ditentukan dengan jelas. Penempatan fasilitas seperti kantor, gudang, dan laboratorium juga harus mempertimbangkan kemudahan akses serta efisiensi transportasi internal.

Perencanaan tata letak pabrik metilanilina dari bahan baku klorobenzena dan metilamina dengan kapasitas 2.500 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Berikut adalah rincian detail luas lahan dan bangunan pada pabrik metilanilina:

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	Nama Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas, m ²
1	Unit proses	60	50	3000
2	Utilitas	50	40	2000
3	Ruang Kontrol	10	20	200
4	<i>Power station</i>	10	20	200
5	Kantor	25	50	1250
6	Gedung serbaguna	20	25	500
7	Lapangan <i>meeting point</i>	20	25	500
8	Gudang	15	20	300
9	Laboratorium	10	25	250
10	<i>Fire station</i>	10	25	250
11	Parkir	25	35	875
12	Tempat ibadah	20	15	300
13	Kantin	10	15	150
14	Bengkel	15	10	150
15	Klinik	15	15	225
16	Koperasi Karyawan	10	15	150
17	Pos jaga	5	10	50
18	Taman	50	10	500
Luas Bangunan				10.850
Luas Tanah				11.000

4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses

Dalam penyusunan tata letak peralatan proses, sangat penting untuk merancangnya dengan cermat dan terorganisir sehingga seluruh kegiatan operasional dapat berjalan dengan aman dan lancar, serta meminimalkan risiko kecelakaan hingga mencapai target *zero accident*. Perancangan tata letak ini tidak hanya bertujuan untuk efisiensi produksi, tetapi juga menempatkan aspek keselamatan sebagai prioritas utama dalam setiap tahap proses. Beberapa faktor krusial yang harus diperhatikan dalam penataan tata letak peralatan proses meliputi berbagai aspek teknis, ergonomis, dan operasional guna memastikan bahwa sistem bekerja secara optimal tanpa mengorbankan keselamatan pekerja maupun lingkungan sekitar.

a. Keamanan dan keselamatan

Peralatan proses perlu diorganisir ke dalam unit-unit proses yang terpisah dengan jelas, dan penempatannya harus dilakukan dijarak yang cukup jauh dari area kantor atau tempat yang banyak dihuni oleh karyawan. Selain itu, posisi setiap alat harus disesuaikan dengan Tingkat bahaya (*hazard*) yang mungkin ditimbulkan oleh alat tersebut, sehingga jika terjadi insiden atau kecelakaan, dampaknya tidak akan menyebar dan membahayakan peralatan atau area lainnya. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja serta mengurangi risiko gangguan operasional yang dapat berdampak luas.

b. Ekonomi

Penempatan peralatan dalam setiap unit proses harus dirancang secara optimal agar dapat meminimalkan biaya konstruksi maupun biaya operasional. Salah satu cara untuk mengurangi biaya konstruksi adalah dengan mengatur posisi alat-alat sedemikian rupa sehingga jalur pemipaan menjadi paling pendek dan efisien, sehingga penggunaan bahan konstruksi dapat ditekan seminimal mungkin. Dengan demikian, selain menekan pengeluaran selama pembangunan, pengaturan tata letak yang tepat juga akan berdampak positif pada efisiensi operasional pabrik secara keseluruhan.

c. Kebutuhan proses

Jarak antar peralatan proses harus dirancang dengan memberikan ruang yang memadai sehingga setiap alat dapat berfungsi secara optimal tanpa hambatan. Selain itu, penempatan yang tepat juga mendukung kemudahan dalam distribusi utilitas seperti listrik, air, dan uap, sehingga proses operasional berjalan lancar dan efisien. Ruang yang cukup ini juga penting untuk memudahkan akses perawatan dan pengawasan alat, sehingga keseluruhan sistem dapat berjalan dengan stabil dan aman.

d. Kemudahan dalam pemeliharaan

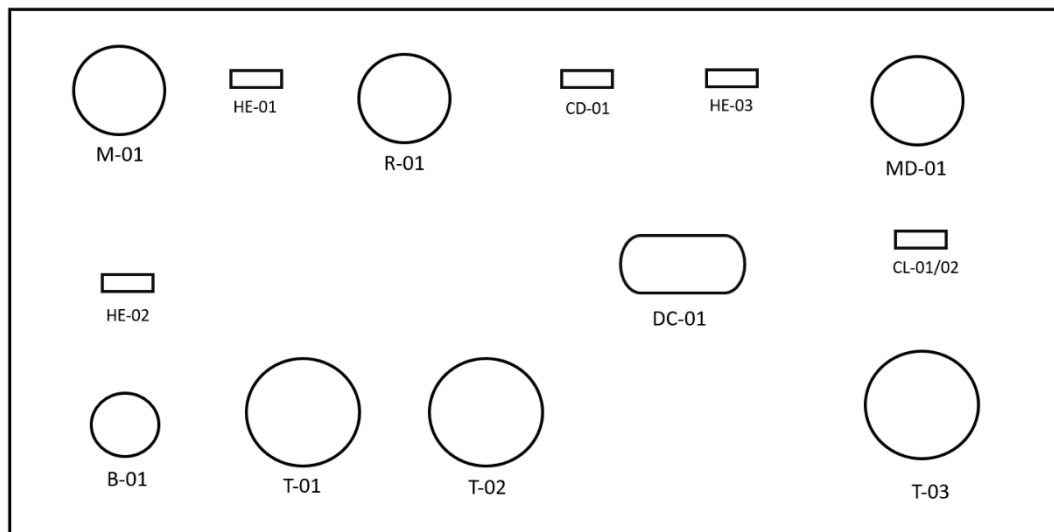
Penempatan peralatan harus dirancang dengan mempertimbangkan ruang yang cukup untuk kegiatan pemeliharaan (*maintenance*). Hal ini penting agar saat dilakukan perawatan rutin atau penggantian komponen, teknisi memiliki akses yang mudah dan aman tanpa mengganggu

operasional alat lain di sekitarnya. Dengan menyediakan ruang yang memadai untuk *maintenance*, proses perawatan dapat berjalan lebih efisien dan cepat, sehingga mendukung kelancaran produksi dan memperpanjang umur pakai peralatan.

e. Perluasan dan pengembangan pabrik

Setiap pabrik sebaiknya dirancang dengan memperhatikan kemungkinan pengembangan di masa depan, termasuk penambahan unit-unit proses baru. Oleh karena itu, tata letak pabrik harus disusun secara fleksibel dan terstruktur agar memudahkan proses perluasan tanpa mengganggu operasional yang sudah berjalan. Perencanaan yang matang dalam penyusunan susunan pabrik ini akan membantu mengoptimalkan penggunaan lahan dan sumber daya, serta memastikan bahwa penambahan unit dapat dilakukan dengan efisien dan hemat biaya ketika kebutuhan produksi meningkat.

Perencanaan tata letak proses produksi metilanilina dari bahan baku klorobenzena dan metilamina dengan kapasitas 2.500 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 4. 3 Tata Letak Proses Pabrik (skala 1:500)

Keterangan :

1. T-01 = Tangki penyimpanan klorobenzena
2. T-02 = Tangki penyimpanan metilamina
3. T-03 = Tangki penyimpanan produk
4. B-01 = Bin penyimpanan katalis
5. M-01 = *Mixer*
6. R-01 = Reaktor
7. DC-01 = Dekanter
8. MD-01 = Menara distilasi
9. CD-01 = Kondensor
10. CL-01 = *Cooler*
11. CL-02 = *Cooler*
12. HE-01 = *Heater* 1
13. HE-02 = *Heater* 2
14. HE-03 = *Heater* 3

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik metilnilina dengan kapasitas produksi 2.500 ton per tahun yang akan didirikan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham termasuk salah satu surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham yang berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan. Dalam PT, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Pemilihan bentuk badan usaha sebagai Perseroan Terbatas (PT) didasarkan pada sejumlah pertimbangan, antara lain:

1. Kemudahan dalam memperoleh modal, karena investasi dilakukan dalam bentuk saham yang dapat diperjualbelikan dengan relatif mudah.
2. Meningkatkan kredibilitas di mata publik dan pemerintah, mengingat statusnya sebagai badan hukum yang diakui secara resmi.
3. Tanggung jawab pemegang saham yang terbatas, sehingga operasional dan kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
4. Kemampuan untuk menunjuk tenaga profesional, dimana pemegang saham dapat memilih dewan komisaris dan direktur utama yang berpengalaman dan kompeten di bidangnya.
5. Pemilik modal hanya bertanggung jawab terhadap sejumlah modal yang ditanamkan.

6. Memberikan ruang bagi manajemen untuk berinovasi, karena keterlibatan langsung pemilik modal dalam operasional perusahaan cenderung minim.
7. Lapangan usaha lebih luas karena Perseroan Terbatas (PT) dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga perseroan terbatas dapat memperluas usahanya.
8. Memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi pemilik, sehingga memberikan perlindungan hukum terhadap aset pribadi.
9. Kemudahan dalam mendapatkan kredit dari bank, karena perusahaan memiliki aset dan struktur legal yang dapat dijadikan jaminan.
10. Kemampuan untuk masuk dan bergerak di pasar modal.

4.4.2 Struktur Organisasi

Organisasi adalah sebuah sarana yang digunakan oleh individu-individu untuk bekerja sama dalam satu visi dan menjalankan aktivitas demi meraih tujuan tertentu. Sementara itu, struktur organisasi menggambarkan secara sistematis pembagian tugas, tanggung jawab, serta hubungan antar bagian dalam perusahaan. Bentuk struktur organisasi tiap perusahaan bisa berbeda-beda, tergantung pada karakteristik dan kebutuhan masing-masing perusahaan.

Struktur organisasi yang diterapkan dalam suatu perusahaan menjadi salah satu faktor penting yang mendukung perkembangan perusahaan itu sendiri. Sebab, kelancaran serta efektivitas aktivitas di dalam perusahaan sangat bergantung pada sistem komunikasi yang terjalin. Melalui struktur organisasi, pembagian tugas dan tanggung jawab dapat disesuaikan dengan keahlian serta peran masing-masing

karyawan. Tak hanya itu, struktur organisasi yang tersusun dengan baik juga berkontribusi terhadap pertumbuhan perusahaan di masa depan.

Untuk menciptakan sistem organisasi yang efektif, terdapat beberapa prinsip dasar yang sebaiknya dijadikan acuan. Beberapa di antaranya meliputi:

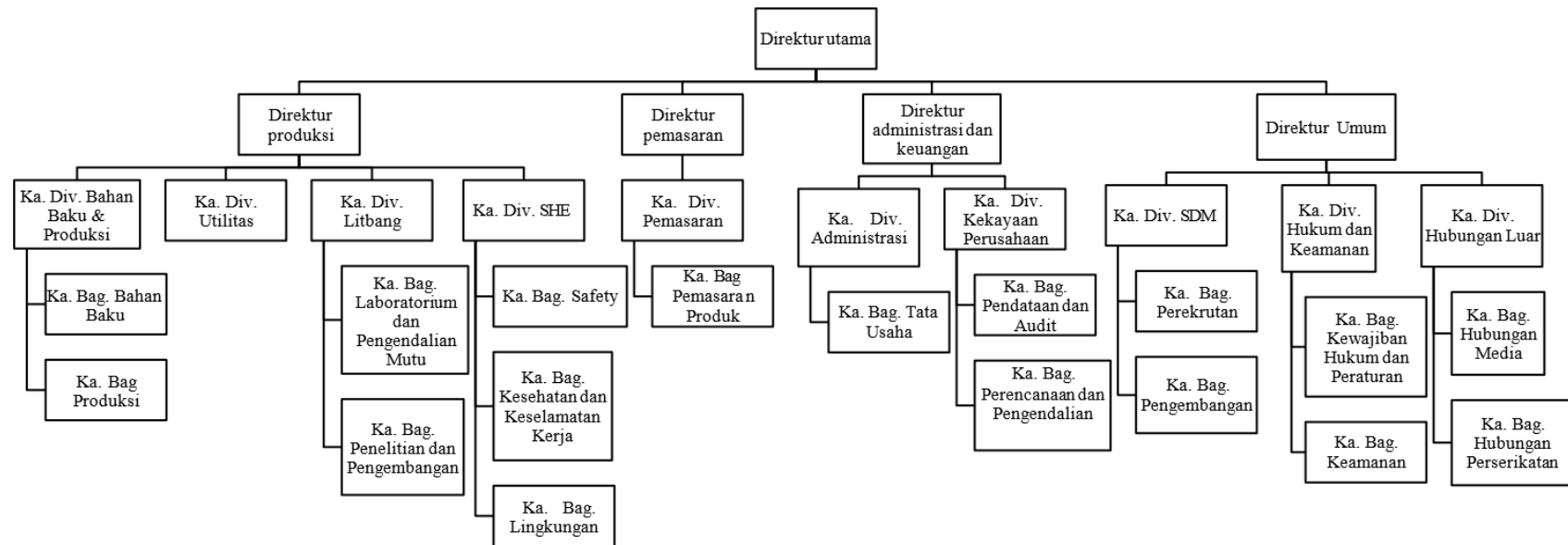
1. Menentukan arah dan tujuan perusahaan secara tegas
2. Melimpahkan wewenang secara efektif kepada pihak yang berwenang
3. Membagi tugas secara sistematis dan sesuai tanggung jawab
4. Menjaga kejelasan jalur komando dan tanggung jawab setiap posisi
5. Melakukan pengawasan terhadap hasil dan proses kerja yang dilakukan
6. Menerapkan struktur organisasi yang luwes dan mudah beradaptasi

Berdasarkan prinsip-prinsip tersebut, dipilihlah struktur organisasi yang dinilai paling sesuai, yaitu sistem *Line and Staff*. Sistem ini memiliki jalur wewenang yang lebih sederhana dan efisien. Dalam penerapannya, setiap karyawan hanya bertanggung jawab kepada satu atasan langsung, sehingga alur komando menjadi lebih jelas. Untuk mendukung kelancaran proses produksi, dibentuk pula tim staf ahli yang berisi individu-individu dengan keahlian khusus di bidangnya masing-masing. Kehadiran staf ahli ini berperan penting dalam memberikan masukan dan saran demi tercapainya tujuan perusahaan secara optimal.

Terdapat dua kelompok orang yang memiliki peran penting dalam menjalankan organisasi dengan *sistem line and staff*, yaitu:

1. Sebagai garis atau *line*, yaitu individu-individu yang melaksanakan tugas utama organisasi untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan.

2. Sebagai *staff*, yaitu individu-individu yang menjalankan tugasnya berdasarkan keahlian yang dimilikinya dan berfungsi untuk memberikan saran kepada unit operasional. Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari dibantu oleh Dewan Komisaris, sementara tugas untuk mengelola perusahaan dilakukan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Proses Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, serta Direktur Umum. Para Direktur ini mengawasi beberapa Kepala Divisi yang bertanggung jawab untuk mengelola divisi-divisi dalam perusahaan, sebagai pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Setiap Kepala Divisi mengelola beberapa bagian, dan masing-masing bagian membawahi sejumlah karyawan yang bekerja sesuai bidangnya. Karyawan perusahaan kemudian dibagi ke dalam beberapa kelompok seksi, di mana setiap Kepala Seksi bertanggung jawab kepada Pengawas Bagian masing-masing.



Gambar 4. 4 Bagan Struktur Organisasi Pabrik Keseluruhan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Uraian mengenai tanggung jawab setiap departemen, fungsi dari masing-masing jabatan, kualifikasi yang dibutuhkan, serta jumlah personel pada tiap tingkatan struktur organisasi perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang menyediakan modal untuk pendirian dan operasional perusahaan. Dalam struktur Perseroan Terbatas (PT), kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Melalui RUPS, para pemegang saham memiliki wewenang untuk mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris, mengangkat dan memberhentikan Direktur, serta mengesahkan laporan laba rugi dan neraca perhitungan perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan anggota pelaksana dari pemilik saham yang bertanggung jawab langsung kepada para pemegang saham. Tugas Dewan Komisaris antara lain menilai dan menyetujui rencana Direksi tentang kebijaksanaan umum, melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan tugas Direksi, dan membantu Direksi dalam tugas-tugas penting.

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi di perusahaan yang memegang tanggung jawab penuh atas kinerja dan perkembangan perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas setiap kebijakan dan keputusan yang

diambil. Di bawah koordinasinya terdapat Direktur Produksi, Direktur Administrasi dan Keuangan, Direktur Pemasaran serta Direktur Umum. Direktur Utama bertugas menjalankan kebijakan perusahaan yang telah ditetapkan dan memastikan koordinasi yang efektif antar direktur agar tercipta sinergi kerja yang optimal. Selain menjaga stabilitas manajemen dan organisasi, Direktur Utama juga bertanggung jawab atas keberlanjutan hubungan yang harmonis antara pemegang saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen. Direktur Utama memiliki wewenang untuk mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan dari Rapat Umum Pemegang Saham.

4. Direktur

a. Direktur Produksi

Direktur Produksi memiliki tanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam hal pengelolaan bahan baku, proses produksi, penelitian dan pengembangan, serta aspek keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan. Selain itu, Direktur Produksi juga bertugas untuk mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari para kepala bagian yang berada di bawah wewenangnya.

b. Direktur Pemasaran

Direktur Pemasaran bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam mengelola seluruh kegiatan yang berkaitan dengan pemasaran. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur

Pemasaran juga berperan dalam mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari para kepala bagian yang berada di bawah wewenangnya.

c. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam hal pengelolaan administrasi dan keuangan perusahaan. Selain itu, Direktur Administrasi dan Keuangan juga bertugas untuk mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari para kepala bagian yang berada di bawah wewenangnya.

d. Direktur Umum

Direktur Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam pengelolaan sumber daya manusia, aspek hukum dan keamanan, serta hubungan eksternal perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Umum juga berperan dalam mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari para kepala bagian yang berada di bawah wewenangnya.

5. Kepala Divisi

Secara umum, Kepala Divisi bertugas untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan di lingkungan divisinya, sesuai dengan arahan dan kebijakan yang telah ditetapkan oleh pimpinan perusahaan. Pada tiap-tiap bagian, Kepala Divisi dapat juga bertindak sebagai Staff Direktur. Dalam

menjalankan tugasnya, Kepala Divisi bertanggung jawab langsung kepada Direktur yang membawahi divisi tersebut. Adapun Kepala Divisi terdiri dari:

a. Kepala Divisi Bahan Baku dan Produksi

Kepala Divisi Bahan Baku dan Produksi bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi dalam pengelolaan bahan baku, mutu produk, dan kelancaran proses produksi, serta bertugas mengkoordinasikan dan mengawasi bagian-bagian yang berada di bawah wewenangnya. Kepala Divisi Bahan Baku dan Produksi membawahi:

- Bagian Bahan Baku

Bagian Bahan Baku bertugas untuk mempersiapkan bahan baku yang diperlukan dalam proses produksi, mengatur pembelian, serta memastikan penyimpanan bahan baku yang efisien dan aman.

- Bagian Produksi

Bagian Produksi bertanggung jawab atas kelancaran operasional proses produksi, serta melakukan pengawasan dan kontrol terhadap jalannya produksi. Selain itu, bagian produksi juga memiliki kewajiban untuk menangani peralatan proses yang mengalami kerusakan sementara sebelum dilakukan perbaikan oleh bagian yang berwenang.

b. Kepala Divisi Utilitas

Divisi Utilitas bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi dalam hal penyediaan utilitas yang diperlukan untuk mendukung operasional perusahaan. Divisi ini juga mengoordinasikan bagian-bagian yang berada di bawahnya. Tugas utama divisi ini adalah memastikan ketersediaan seluruh bahan penunjang, seperti listrik, air, dan uap (steam), dengan cara menjalankan serta mengontrol jalannya unit utilitas agar operasional perusahaan berjalan lancar.

c. Kepala Divisi Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Divisi Penelitian dan Pengembangan (Litbang) terdiri dari tenaga ahli atau sarjana yang bertugas membantu Direktur dan bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam menjalankan fungsi penelitian dan pengembangan perusahaan. Kepala Divisi Litbang membawahi:

- Bagian Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bagian ini bertugas mengawasi dan menganalisis mutu bahan baku serta bahan pembantu, melakukan pengendalian mutu terhadap hasil produksi (*quality control*), dan memantau aspek lingkungan terkait limbah pabrik.

- Bagian Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertugas meningkatkan kualitas produk serta menentukan strategi pemasaran berdasarkan lokasi yang tepat,

memperbaiki proses produksi atau perencanaan alat untuk pengembangan, serta mendorong peningkatan efisiensi kerja.

d. Kepala Divisi SHE

Kepala Divisi *Safety, Health, and Environment* (SHE) bertanggung jawab langsung kepada Direktur Produksi dalam hal keamanan proses, kesehatan serta keselamatan kerja karyawan, pengelolaan dampak lingkungan, serta mengoordinasikan bagian-bagian di bawahnya. Kepala Divisi SHE membawahi:

- Bagian *Safety*

Bagian ini bertugas menjaga dan mengawasi seluruh aspek keselamatan (*safety*) di lingkungan pabrik, menyusun peraturan keselamatan, evaluasi kondisi keselamatan di area kerja, serta penanganan atas pelanggaran terhadap prosedur keselamatan.

- Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bagian ini bertanggung jawab atas pemantauan dan pengawasan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan, menyusun peraturan K3, evaluasi kondisi kesehatan tenaga kerja, serta penanganan masalah yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja.

- Bagian Lingkungan

Bagian Lingkungan bertugas untuk menjaga dan mengawasi dampak proses produksi terhadap lingkungan sekitar, menjalin hubungan yang baik dengan masyarakat di sekitar perusahaan, serta

menindaklanjuti program *Corporate Social Responsibility* (CSR) sebagai bagian dari komitmen perusahaan terhadap lingkungan dan sosial.

e. Kepala Divisi Pemasaran

Kepala Divisi Pemasaran bertanggung jawab langsung kepada Direktur Pemasaran dalam hal kegiatan pemasaran hasil produksi. Kepala Divisi ini membawahi Bagian Pemasaran Produk, yang bertugas untuk merencanakan strategi penjualan produk dan mengatur distribusi barang dari gudang.

f. Kepala Divisi Administrasi

Kepala Divisi Administrasi bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan Keuangan dalam bidang administrasi. Bertugas untuk mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan tugas para kepala bagian di bawahnya, yaitu Bagian Tata Usaha yang bertugas mengelola keuangan perusahaan serta memberikan layanan administrasi bagi seluruh karyawan yang memerlukan dukungan administratif.

g. Kepala Divisi Kekayaan Perusahaan

Kepala Divisi Kekayaan Perusahaan bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan Keuangan dalam bidang perencanaan dan pendataan aset perusahaan dengan mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dari kepala seksi yang berada di bawah kewenangannya. Divisi ini membawahi dua bagian utama,

yaitu Bagian Pendataan dan Audit serta Bagian Perencanaan dan Pengendalian. Bagian Pendataan dan Audit bertugas melaksanakan pencatatan utang-piutang, pembukuan perusahaan, serta menangani administrasi perpajakan. Selain itu, bagian ini juga memiliki tanggung jawab untuk menghitung penggunaan dana perusahaan, mengelola investasi, serta membuat proyeksi keuntungan di masa mendatang.

h. Kepala Divisi Sumber Daya Manusia

Kepala Divisi SDM bertanggung jawab langsung kepada Direktur Umum dalam pengelolaan sumber daya manusia dan mengawasi pekerjaan kepala seksi di bawah lingkup tanggung jawabnya. Kepala Divisi Sumber Daya Manusia membawahi:

- Bagian Perekrutan

Bagian ini bertugas dan bertanggung jawab atas proses perekrutan serta penempatan tenaga kerja baru.

- Bagian Pengembangan

Bagian ini bertanggung jawab atas pengembangan kompetensi dan potensi sumber daya manusia.

i. Kepala Divisi Hukum dan Keamanan

Kepala Divisi Hukum dan Keamanan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Umum dalam pengelolaan aspek hukum dan keamanan perusahaan. Kepala Divisi Hukum dan Keamanan membawahi:

- Bagian Kewajiban Hukum dan Peraturan

Bagian ini bertugas untuk memahami dan memastikan penerapan hukum serta peraturan yang berlaku untuk kepentingan perusahaan. Selain itu, bagian ini juga bertanggung jawab dalam mengurus berbagai keperluan hukum perusahaan.

- Bagian Keamanan

Bagian ini bertugas untuk menjaga keamanan seluruh bangunan dan fasilitas pabrik, mengatur keluar-masuknya orang (baik karyawan maupun pihak eksternal) di area pabrik, serta menjaga dan memelihara kerahasiaan informasi yang berhubungan dengan internal perusahaan.

j. Kepala Divisi Hubungan Luar Perusahaan

Kepala Divisi Hubungan Luar Perusahaan bertugas untuk mengatur hubungan antara perusahaan dengan berbagai instansi yang berada di luar lingkungan perusahaan.

k. Kepala Bagian

Kepala Bagian bertanggung jawab kepada Kepala Divisi atas pelaksanaan tugas dan tanggung jawab yang diembannya, melakukan koordinasi, pengaturan, dan pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan Kepala Seksi yang berada di bawah wewenangnya.

1. Kepala Seksi

Kepala Seksi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian atas pelaksanaan tugas dan tanggung jawab yang diembannya, melakukan koordinasi, pengaturan, dan pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan para operator yang berada di bawah wewenangnya.

4.4.4. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

a. Penggolongan Jabatan

1. Direktur Utama	: S-2
2. Direktur Produksi	: S-2 Teknik Kimia
3. Direktur Pemasaran	: S-2 Ekonomi
4. Direktur Administrasi dan Keuangan	: S-2 Ekonomi
5. Direktur Umum	: S-2 Hukum/FISIP
6. Kepala Divisi Bahan Baku dan Produksi	: S-1 Teknik Kimia
7. Kepala Divisi Utilitas	: S-1 Teknik Mesin
8. Kepala Divisi Litbang	: S-1 Teknik Kimia/Kimia
9. Kepala Divisi SHE	: S-1 Teknik Lingkungan
10. Kepala Divisi Pemasaran	: S-1 Ekonomi
11. Kepala Divisi Administrasi	: S-1 Ekonomi
12. Kepala Divisi Kekayaan Perusahaan	: S-1 Ekonomi
13. Kepala Divisi Sumber Daya Manusia	: S-1 Psikologi
14. Kepala Divisi Hukum dan Keamanan	: S-1 Hukum/FISIP
15. Kepala Divisi Hub. Luar Perusahaan	: S-1 Sosial

16. Kepala Seksi	: S-1
17. Operator dan karyawan biasa	: SMK/ D-3/ S-1
18. Paramedis	: Dokter
19. Perawat	: D-3/ D-4/ S-1
20. Sopir dan Satpam	: SMA/ Sederajat
21. <i>Cleaning Service</i>	: SMA/ Sederajat

b. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pemberian upah kepada karyawan di pabrik metilanolina dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan kategorinya, yaitu:

1. Gaji bulanan. Jenis gaji ini diberikan kepada pegawai dengan status tetap. Jumlahnya disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku di perusahaan.
2. Gaji harian. Jenis upah ini diberikan kepada pekerja dengan status tidak tetap atau tenaga kerja harian.
3. Gaji lembur. Jenis upah ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja normal. Besarannya ditentukan sesuai kebijakan perusahaan.

Perusahaan menetapkan batas bawah gaji berdasarkan Upah Minimum Regional (UMR) di Cilegon, yaitu berkisar $\pm$ Rp 4.600.000 per bulan untuk pekerja dengan keterampilan dasar.

Tabel 4. 2 Perincian Jumlah dan Gaji Kayawan

Jabatan	Jumlah	Gaji / orang / bln (IDR)	Total (IDR)
Direktur Utama	1	40.000.000	40.000.000
Direktur	4	30.000.000	120.000.000
Kepala Divisi	10	25.000.000	250.000.000
Kepala Bagian	17	20.000.000	340.000.000
Karyawan Proses	16	10.000.000	160.000.000
Karyawan Utilitas	16	10.000.000	160.000.000
Karyawan Pengendalian Kualitas	4	10.000.000	40.000.000
Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	4	10.000.000	40.000.000
Karyawan Operasi dan Pemeliharaan	4	10.000.000	40.000.000
Karyawan Pemasaran	3	6.000.000	18.000.000
Karyawan Keuangan	3	6.000.000	18.000.000
Karyawan Pelayanan Umum	2	6.000.000	12.000.000
Karyawan Keamanan	2	5.200.000	10.400.000
Dokter	2	15.000.000	30.000.000
Perawat	4	6.000.000	24.000.000
Satpam	3	4.800.000	14.400.000
Supir	3	4.800.000	14.400.000
<i>Cleaning Service</i>	3	4.600.000	13.800.000
Total	101		1.345.000.000

c. Status Karyawan

Dalam pabrik metilanilina ini, sistem penggajian disesuaikan berdasarkan status kepegawaian, jabatan, tanggung jawab yang diemban, serta tingkat keahlian masing-masing pekerja. Karyawan diklasifikasikan ke dalam tiga golongan, yaitu:

1. Karyawan tetap, merupakan pekerja yang diangkat atau diberhentikan berdasarkan Surat Keputusan (SK) dari Direksi dan memperoleh gaji harian yang dibayarkan setiap bulan.
2. Karyawan harian, adalah pekerja yang diangkat serta diberhentikan oleh Direksi tanpa SK, dan menerima gaji harian yang dibayarkan mingguan.
3. Karyawan borongan, merupakan pekerja yang hanya dipekerjakan bila dibutuhkan oleh pabrik, dan memperoleh bayaran berdasarkan sistem borongan untuk suatu pekerjaan tertentu.

d. Jumlah dan Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik metilanilina dirancang untuk beroperasi selama 24 jam sehari dalam 330 hari per tahun. Sisa hari dalam setahun dialokasikan untuk kegiatan perawatan serta perbaikan. Oleh karena itu, dalam pengaturan jam kerja, karyawan dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. Karyawan *non-shift (Daily)*

Karyawan *non-shift* merupakan pegawai yang tidak terlibat secara langsung dalam proses produksi. Kelompok ini mencakup Direktur, Kepala Divisi, Kepala Bagian, serta staf administrasi. Dalam satu minggu,

karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari, dimulai pukul 08.00 hingga 17.00, dengan waktu istirahat selama 1 jam pada pukul 12.00 hingga 13.00.

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* merupakan pegawai yang terlibat langsung dalam proses produksi atau bertanggung jawab pada bagian-bagian tertentu di pabrik yang berkaitan dengan keamanan serta kelancaran jalannya produksi. Kelompok ini terdiri dari kepala seksi, operator produksi, serta sebagian staf dari divisi proses produksi dan keamanan. Sistem kerja mereka berlangsung bergiliran selama 24 jam. Karyawan *shift* dibagi ke dalam tiga waktu kerja sebagai berikut:

- *Shift* pagi : pukul 08.00 – 16.00
- *Shift* sore : pukul 16.00 – 24.00
- *Shift* malam: pukul 24.00 – 08.00

Seluruh karyawan *shift* dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu 3 kelompok aktif bekerja dan 1 kelompok dalam jadwal libur 1 hari dalam seminggu, dengan sistem rotasi. Setiap kelompok menjalani rotasi *shift* bergilir setiap hari, dan mendapat jatah 1 hari libur per minggu. Jika jadwal kerja mereka bertepatan dengan hari libur nasional, maka jam kerja tersebut dihitung sebagai lembur.

Tabel 4. 3 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

kelompok	Hari ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	P	S	M	P	S	M	L
2	S	M	P	S	M	L	P
3	M	P	S	M	L	P	S
4	L	P	M	S	P	S	M

Keterangan :

P = *Shift* pagi

S = *Shift* sore

M = *Shift* malam

L = Libur

Dengan sistem tersebut, setiap minggu kelompok karyawan akan memperoleh hari libur yang berbeda-beda, sehingga seluruh karyawan tetap memiliki kesempatan libur di akhir pekan (Sabtu-Minggu), meskipun pada minggu yang berbeda. Masing-masing *shift* dikoordinasi oleh seorang foreman (kepala *shift*).

- Cuti Tahunan

Setiap karyawan memiliki hak cuti tahunan sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila hak cuti ini tidak digunakan dalam tahun berjalan, maka cuti tersebut dianggap hangus dan tidak dapat diakumulasi ke tahun berikutnya.

- Hari Libur Nasional

Untuk karyawan *non-shift* (harian), hari libur nasional merupakan hari tidak masuk kerja. Sementara bagi karyawan *shift*, hari libur nasional tetap merupakan hari kerja, namun dianggap sebagai kerja lembur (*overtime*) dan dihitung sesuai ketentuan lembur yang berlaku.

- Kerja Lembur (*Overtime*)

Pekerjaan lembur hanya dapat dilakukan bila terdapat kebutuhan mendesak dan harus mendapat persetujuan dari kepala bagian terlebih dahulu.

Kedisiplinan karyawan memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran proses produksi di pabrik. Produktivitas yang stabil akan berdampak positif terhadap perkembangan dan kemajuan perusahaan. Oleh karena itu, seluruh karyawan diwajibkan untuk melakukan absensi. Data absensi ini juga akan menjadi salah satu pertimbangan pimpinan dalam pengembangan karier karyawan di lingkungan perusahaan.

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan kumpulan unit atau bagian dalam suatu pabrik kimia yang memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan pendukung dalam menjalankan proses produksi. Dalam pabrik metilnilina, keberadaan unit utilitas menjadi salah satu aspek penting yang mempengaruhi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana pendukung ini mencakup kebutuhan di luar bahan baku dan bahan tambahan, namun tetap dibutuhkan agar proses produksi dapat berlangsung dengan optimal. Dalam perancangan pabrik metilnilina ini, unit utilitas yang dirancang mencakup berbagai fasilitas pendukung proses, seperti:

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

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

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air memiliki tanggung jawab untuk menyediakan serta mengolah air bersih yang dibutuhkan dalam operasional pabrik.

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit ini berfungsi untuk mengolah air baku menjadi air bersih, karena air yang bersumber dari alam umumnya masih mengandung berbagai kotoran (*impurities*)

yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*) pada peralatan. Kandungan kotoran tersebut terdiri dari *suspended solids* (zat padat yang tidak terlarut) yang diolah melalui proses klarifikasi, serta *dissolved solids* (zat padat terlarut) yang dihilangkan melalui proses demineralisasi. Oleh karena itu, pengolahan air baku dilakukan melalui tahapan fisik dan kimia guna memastikan air yang dihasilkan memenuhi standar kebutuhan industri.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik metilanilina berasal dari Sungai Cidanau. Pemilihan air sungai sebagai sumber utama didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain:

1. Ketersediaan yang berkelanjutan, dimana air sungai memiliki kontinuitas pasokan yang relatif tinggi, sehingga risiko kekurangan air dapat diminimalkan.
2. Kemudahan dalam pengolahan, karena proses pengolahan air sungai umumnya lebih sederhana dan membutuhkan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih kompleks dan biayanya lebih besar.

Secara umum, kebutuhan air di pabrik metilanilina digunakan untuk keperluan berikut:

A. Air domestik (*Domestic water*)

Air domestik digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari karyawan, seperti air minum, fasilitas toilet, perumahan, dan kebutuhan pribadi lainnya. Agar layak digunakan, air domestik harus memenuhi beberapa kriteria kualitas, di antaranya:

- Memiliki kejernihan yang baik
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

B. Air layanan umum (*Service water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum, seperti di bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, masjid, dan fasilitas lainnya. Kriteria kualitas air yang digunakan untuk *service water* sama dengan kriteria untuk *domestic water*.

C. Air untuk pemadam kebakaran (*Hydrant water*)

Air untuk kebutuhan *hydrant* merupakan kebutuhan pendukung yang harus tersedia di area pabrik. Air ini digunakan sebagai pasokan untuk pemadaman kebakaran. Penggunaannya bersifat situasional dan hanya diperlukan dalam kondisi tertentu.

D. Air pendingin (*Cooling water*)

Air pendingin digunakan sebagai media untuk menurunkan suhu dalam proses produksi. Penggunaan air sebagai media pendingin dipilih karena beberapa keunggulannya, seperti:

- Air mudah diperoleh dan tersedia dalam jumlah besar
- Pengolahan serta pengaturannya cukup sederhana
- Mampu menyerap panas dalam jumlah besar per satuan volumenya
- Tidak mengalami dekomposisi selama penggunaan

Namun terdapat beberapa kandungan zat dalam air yang harus dihindari dalam air pendingin karena dapat menimbulkan masalah, seperti:

- Kandungan besi, karena bisa memicu terjadinya korosi.
- Silika, yang dapat menyebabkan terbentuknya kerak.
- Oksigen terlarut, karena berpotensi menimbulkan korosi.
- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* serta membentuk endapan akibat dimanfaatkan mikroba sebagai sumber makanan.

E. Air umpan *boiler* (*Boiler feed water*)

Air umpan boiler merupakan air yang dimanfaatkan untuk menghasilkan uap (*steam*) guna menunjang kelangsungan proses produksi. Dalam pengelolaannya, terdapat beberapa aspek penting yang harus diperhatikan, antara lain:

- Zat penyebab korosi, korosi pada boiler dapat dipicu oleh keberadaan zat-zat tertentu seperti larutan asam dan gas-gas terlarut, misalnya karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), dan amonia (NH_3).
- Zat penyebab kerak, pembentukan kerak biasanya disebabkan oleh kesadahan air dan suhu tinggi, biasanya berupa garam karbonat dan silika.

F. Air proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam area proses produksi. Agar sesuai dengan standar, air ini harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

- Memiliki kejernihan yang baik

- Tidak mengeluarkan bau
- Tidak memiliki rasa
- Tidak mengandung kandungan zat organik maupun anorganik

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang bersumber dari sungai harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi standar kualitas minimum yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan sebelum digunakan dalam kegiatan operasional pabrik. Air yang diambil dari Sungai Cidanau akan melalui tahap penyaringan awal menggunakan *screener*, yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran atau sampah yang mengapung seperti daun, ranting, potongan kayu, plastik, serta zat pengotor lainnya. Setelah tahap penyaringan kasar ini, air sungai akan menjalani beberapa proses perlakuan lanjutan (*treatment*), antara lain:

A. Proses sedimentasi

Proses ini bertujuan untuk mengendapkan zat padat seperti lumpur, pasir, dan partikel lainnya yang terdapat dalam air sungai dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Air sungai dialirkan dan dipompa menuju kolam sedimentasi. Selama proses pemompaan tersebut, ditambahkan *corrosion inhibitor* guna mencegah terjadinya korosi pada peralatan. Di dalam kolam sedimentasi, partikel lumpur akan mengendap secara alami. Kecepatan pengendapan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti densitas air dan partikel padat, ukuran serta bentuk partikel, dan kecepatan aliran air.

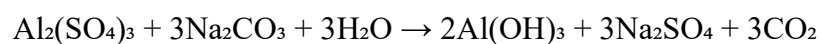
B. Proses klarifikasi

Air yang telah melewati kolam sedimentasi selanjutnya dipompa menuju unit *clarifier*. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan padatan terlarut/ *Total Dissolved Solid* (TDS), partikel berukuran kecil/ *Total Suspended Solid* (TSS), serta partikel-partikel koloid yang masih tersisa dalam air.

Proses ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu:

1. Koagulasi

Tahap koagulasi bertujuan untuk mengendapkan partikel padat dalam air dengan cara menambahkan bahan kimia koagulan, seperti aluminium sulfat (alum) dan soda abu. Proses ini disertai dengan pengadukan cepat (*rapid mixing*) agar pencampuran zat-zat tersebut berlangsung dengan baik. Aluminium sulfat dipilih karena harganya terjangkau, mudah diperoleh, dan praktis dalam penyimpanan. Sementara itu, soda abu digunakan untuk menjaga pH air yang cenderung menjadi asam akibat terbentuknya asam sulfat (H_2SO_4) pada reaksi antara alum dan air. Setelah penambahan koagulan, partikel-partikel akan bergabung membentuk gumpalan (flok), yang akan dilanjutkan ke tahap flokulasi. Reaksi kimia yang terjadi antara air dengan koagulan aluminium sulfat mengikuti persamaan berikut:



2. Flokulasi

Setelah dicampur dengan koagulan, partikel padat dalam air akan membentuk gumpalan-gumpalan yang disebut flok. Proses flokulasi merupakan tahap untuk menghilangkan pengotor padat dengan cara menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi partikel yang ukurannya lebih besar dan lebih berat. Pada tahap ini, dilakukan pengadukan lambat (*slow mixing*) untuk menjaga agar flok yang sudah terbentuk tidak terurai kembali, serta memungkinkan terbentuknya gumpalan yang lebih besar.

3. Pengendapan

Proses pengendapan adalah proses alami yang memanfaatkan gaya gravitasi. Flok yang telah bergabung dan membentuk gumpalan berukuran besar akan memiliki densitas lebih besar daripada air, sehingga dapat mengendap secara alami. Sementara itu, *flok* yang masih berukuran kecil dan belum mengendap akan disaring lebih lanjut pada tahap *filtrasi*.

C. Proses *filtrasi*

Air yang keluar dari *clarifier* dialirkan terlebih dahulu ke kolam penampungan, lalu dipompa menuju tahap *filtrasi*. Pada proses ini, partikel-partikel yang ukurannya lebih besar dari pori-pori media penyaring akan disaring. Proses *filtrasi* ini menggunakan dua jenis filter, yaitu *sand filter* dan *carbon filter*. *Sand filter* menggunakan media penyaring seperti pasir,

kerikil, silika, atau antrasit. Sementara itu, *carbon filter* menggunakan karbon aktif sebagai media penyaringnya.

D. Proses *klorinasi*

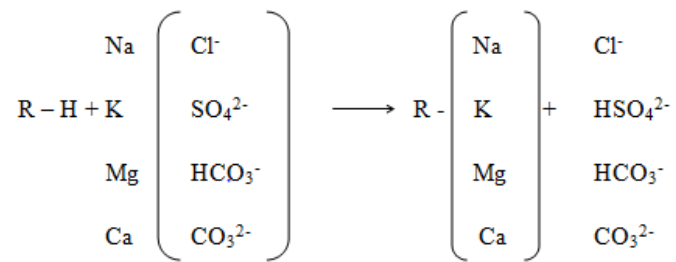
Sebagai air untuk keperluan umum (*housing water*), air dari *filter water tank* dipompa dan didistribusikan sesuai kebutuhan. Namun, sebelum digunakan, air tersebut terlebih dahulu diberikan injeksi kaporit yang berfungsi sebagai disinfektan untuk membunuh mikroorganisme yang mungkin masih terkandung di dalamnya.

E. Proses *demineralisasi*

Proses *demineralisasi* merupakan tahap pengolahan air yang bertujuan untuk menurunkan tingkat kesadahan. Kesadahan yang tinggi dalam air dapat menyebabkan pembentukan kerak (*scaling*) pada boiler dan peralatan penukar panas. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan ion-ion terlarut dalam air umpan dengan menggunakan prinsip pertukaran ion. Proses demineralisasi terdiri dari dua tahapan, yaitu:

1. *Cation exchange*

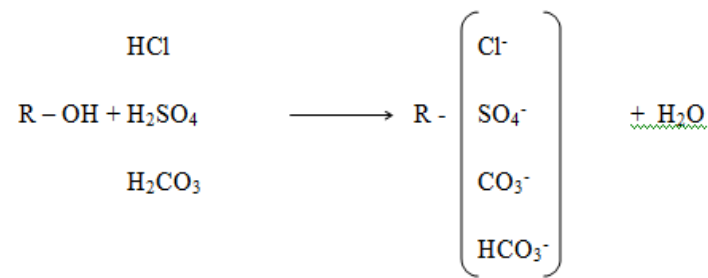
Cation exchange merupakan pertukaran ion-ion bermuatan positif dalam air umpan dengan ion positif hidrogen (H^+) yang berasal dari asam, biasanya asam kuat. Ion-ion positif yang umum ditukar dalam proses ini meliputi Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^+ , Mn^+ , dan Fe^{2+} . Secara sederhana, proses ini dapat digambarkan sebagai reaksi pertukaran ion positif ditunjukkan sebagai berikut:



Ion logam bermuatan positif akan ditukarkan dengan ion H^+ dari resin, sehingga air yang dihasilkan cenderung bersifat asam. Namun, setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu, resin akan mengalami kejenuhan, yang biasanya ditandai dengan naiknya pH air di atas batas yang diizinkan. Untuk mengembalikan fungsi resin, diperlukan proses regenerasi, yaitu dengan mengalirkan larutan asam seperti HCl atau H_2SO_4 secara *backwash* untuk menggantikan ion H^+ yang hilang.

2. *Anion exchange*

Anion exchange merupakan pertukaran ion-ion bermuatan negatif yang terdapat dalam air umpan dengan ion hidroksida (OH^-) yang berasal dari basa, biasanya berupa basa kuat. Ion-ion negatif yang umumnya ditukar melalui proses ini meliputi HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , dan SiO_3^{2-} . Secara sederhana, proses ini dapat digambarkan sebagai reaksi pertukaran ion negatif ditunjukkan sebagai berikut:



Ion-ion bermuatan negatif dalam air akan ditukar dengan ion OH^- dari resin, sehingga air yang semula bersifat asam menjadi netral. Namun, setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu, resin akan mengalami kejenuhan, yang biasanya ditandai dengan naiknya pH air di atas batas yang diizinkan. Untuk mengembalikan fungsi resin, diperlukan proses regenerasi, yaitu dengan mengalirkan NaOH secara *backwash* untuk menggantikan ion OH^- yang hilang.

F. Proses pendinginan air dengan *cooling tower*

Air pendingin yang telah digunakan dalam proses masih dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui tahap pendinginan. Proses pendinginan ini dilakukan menggunakan *cooling tower*. Sebelum masuk ke *cooling tower*, air panas hasil proses ditampung terlebih dahulu pada *hot basin*. Cara kerja *cooling tower* adalah dengan mengalirkan air bersuhu tinggi ke bagian atas *cooling tower*, sementara udara kering masuk dari sisi samping. Interaksi antara air panas dan udara kering ini menyebabkan suhu air menurun. Setelah suhu air turun, air dialirkan ke *cold basin* untuk digunakan kembali sebagai air pendingin. Namun, karena selama proses ini terjadi penguapan sebagian air, maka air keluaran *cooling tower* perlu ditambah dengan *make-up water* terlebih dahulu.

5.1.3 Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 sampai 5.4

A. Kebutuhan air untuk keperluan umum

Kebutuhan air layanan umum mencakup kebutuhan air perkantoran, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, mushola, dan kebun.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Umum Pabrik

Kebutuhan	Jumlah (kg/hari)
Perkantoran (101 orang dengan kebutuhan 150 kg/orang/hari)	15.150
Bengkel	3.000
Poliklinik	3.000
Laboratorium	4.520
Kantin, mushola, taman	10.000
Total	35.670
<i>Overdesign 20%</i>	42.804

B. Kebutuhan air pemadam kebakaran (*Hydrant water*)

Air untuk sistem *hydrant* merupakan bagian dari kebutuhan air pendukung yang wajib disediakan dalam suatu fasilitas industri, khususnya pabrik. Air ini berperan penting sebagai sumber utama dalam sistem pemadaman kebakaran yang dirancang untuk menangani keadaan darurat. Meskipun tidak digunakan secara terus-menerus, kebutuhan air *hydrant* bersifat esensial dan harus tetap tersedia dalam jumlah yang memadai. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang situasional, yaitu hanya digunakan pada

kondisi tertentu seperti kebakaran. Oleh karena itu, perencanaan dan penyediaan sistem *hydrant* harus memperhatikan potensi risiko kebakaran serta menjamin kesiapan sistem ketika dibutuhkan. Konsumsi airnya diperkirakan sekitar 200 kg/orang/hari, dengan *overdesign* 20% sehingga menjadi 240 kg/orang/hari.

C. Kebutuhan air pendingin (*Cooling water*)

Pada pabrik produksi metilanilina, sistem pendingin diperlukan untuk menunjang proses pada sejumlah peralatan yang tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Cooling Water*

Kebutuhan	Jumlah (kg/hari)
CL-01	3.774
CL-02	4.161
CD-01	1.111.810
CD-02	21.250.369
Total	22.370.115
<i>Overdesign 20% (Wc)</i>	26.844.137

Jumlah air yang menguap (W_e)

$$\begin{aligned}
 (W_e) &= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \\
 &= 0,00085 \times 26.844.137 \text{ kg/hari} \times (373 - 313 \text{ K}) \\
 &= 1.369.051 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Drift Loss (W_d)

$$\begin{aligned}
 (W_d) &= 0,0002 \times W_c \\
 &= 0,0002 \times 26.844.137 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$= 5.368 \text{ kg/hari}$$

Blow Down (Wb)

$$Wb = \frac{We - (cycle-1)Wd}{cycle-1}$$

$$= \frac{1.369.051 - (4-1) \times 5.368}{4-1}$$

$$Wb = 450.981 \text{ kg/hari}$$

D. Kebutuhan air umpan boiler (*Boiler feed water*)

Tabel 5. 3 Kebutuhan *Boiler Feed Water*

Kebutuhan	Jumlah (kg/hari)
Jaket pemanas R-01	260.782
HE-01	621
HE-02	869
HE-03	4.086
RB-01	232.753
Total	499.113
<i>Overdesign 20%</i>	598.937

$$\text{Blow Down} = 10\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 10\% \times 598.937 \text{ kg/hari}$$

$$= 59.894 \text{ /hari}$$

$$\text{Stream strap} = 5\% \times \text{overdesign}$$

$$= 5\% \times 598.937 \text{ kg/hari}$$

$$= 29.947 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Jumlah make-up steam} = \text{Blow down} + \text{stream trap}$$

$$= 59.894 + 29.947 \text{ kg/hari}$$

$$= 89.840 \text{ /hari}$$

E. Kebutuhan air proses

Selama berlangsungnya proses pendinginan serta transportasi air dalam sistem, dimungkinkan terjadi kehilangan air akibat kebocoran maupun penguapan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka diasumsikan diperlukan penambahan air (*make-up water*) sebesar 7.200 kg/hari.

Tabel 5.4 Total Kebutuhan Air

Kebutuhan	Jumlah (kg/hari)
Kebutuhan air umum pabrik	42.804
Kebutuhan air pemadam kebakaran	240
Kebutuhan air pendingin	26.844.137
Kebutuhan air umpan boiler	598.937
Kebutuhan air proses	7.200
Total	27.493.318

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Steam memiliki peran penting dalam proses pabrik ini. Steam tersebut digunakan pada alat seperti *heat exchanger*, *reboiler*, dan koil pemanas, baik sebagai sumber panas maupun agen stripping. Jenis steam yang digunakan adalah *saturated steam*, sehingga panas laten dari steam dapat dimanfaatkan sebagai media pemanas. Berikut adalah rincian kebutuhan steam untuk peralatan proses.

Tabel 5. 5 Kebutuhan *Steam* untuk Alat Proses

Alat	Tekanan (atm)	Jumlah (kg/jam)
Jaket pemanas R-01	61	10.865,94
HE-01	1,1	25,90
HE-02	61	36,25
HE-03	61	170,27
RB-01	1,2	9.698,04
Total		20.796,40

Boiler atau unit pembangkit steam berfungsi menghasilkan steam yang akan digunakan dalam proses produksi. Air yang berasal dari deaerator dipompa menuju boiler. Boiler merupakan alat atau bejana tekan tertutup yang memproduksi steam melalui pemanasan air secara berkelanjutan menggunakan bahan bakar, pada suhu dan tekanan tertentu.

Dalam proses ini, jumlah steam yang dihasilkan mencapai 20.796,40 kg/jam dengan tekanan sebesar 61 atm. Semakin tinggi suhu steam yang dihasilkan, maka semakin tinggi tingkat kemurnian air yang digunakan sebagai umpan boiler. Selain itu, pH air harus diatur dalam rentang 10,5–11,5, karena pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan sifat korosifnya.

Gambar 5. 1 Diagram Alir Unit Pengolahan Air

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan pasokan listrik yang diperlukan untuk menjalankan alat proses, peralatan utilitas, perangkat elektronik, penerangan, serta fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan di pabrik ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator diesel, yang berfungsi sebagai sumber listrik cadangan jika terjadi gangguan atau pemadaman pada pasokan listrik dari PLN.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.8

A. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	hP	Watt
Reaktor	R-01	1000	745.700
<i>Mixer</i>	M-01	8	5592,75
Pompa	P-01	3	2237,1
	P-02	0,5	372,85
	P-03	3	2237,1
	P-04	0,5	372,85
	P-05	0,5	372,85
Total		1015	756.885,5

Total kebutuhan listrik alat proses = 756.885,5 watt
 = 756,90 kW

B. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	hP	Watt
Kompresor	KU-01	5	3.728,5
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	20	14.914
<i>Clarifier</i>	KL-01	1,5	1.118,55
<i>Pompa</i>	PU-1	3	2.237,1
	PU-2	3	2.237,1
	PU-3	2	1.491,4
	PU-4	2	1.491,4
	PU-5	2	1.491,4
	PU-6	75	55.927,5
	PU-7	2	1491,4
	PU-8	2	1491,4
	PU-9	2	1.491,4
Pengaduk	BU-02	0,5	372,85
Total		120	89.484

Total kebutuhan listrik alat utilitas = 89484 watt
 = 89,5 kW

Total listrik untuk motor penggerak = 846,36 kW

C. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Kebutuhan listrik alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

Total kebutuhan listrik alat kontrol = 211,6 kW

D. Kebutuhan Listrik Penerangan

Kebutuhan listrik alat penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

Total kebutuhan listrik penerangan = 127 kW

E. Kebutuhan Listrik Bengkel dan Laboratorium

Kebutuhan listrik kebutuhan bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

Total kebutuhan listrik bengkel dan lab = 127 kW

Total kebutuhan listrik pada pabrik metilnilina adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	<i>Plant</i>	
	a. Alat proses	756,90
	b. Alat utilitas	89,50
2	Alat kontrol	211,6
3	Penerangan	127
4	Lab dan bengkel	127
Total		1.311,9

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyedia Udara Tekan berfungsi untuk menyediakan pasokan udara bertekanan guna mendukung pengoperasian peralatan yang bekerja berdasarkan sistem pneumatik, khususnya instrumen kontrol. Proses utama yang berlangsung di unit ini adalah penghilangan kandungan kondensat dalam udara untuk menurunkan berat jenisnya sebelum dialirkan ke sistem udara instrumen. Total kebutuhan udara tekan dalam proses ini diperkirakan mencapai 42,99 m³ per jam pada tekanan operasi 7,2 bar.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berfungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar di pabrik. Bahan bakar yang disediakan meliputi kebutuhan untuk boiler dan generator, dengan jenis bahan bakar yang digunakan adalah minyak bakar. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler mencapai 180,41 kg/jam, sementara bahan bakar untuk generator sebesar 121,36 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah cair yang mengandung metilamina (CH_3NH_2), air (H_2O), tembaga(I) klorida (Cu_2Cl_2), serta metilamina hidroklorida ($\text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}$) yang berasal dari aliran bawah decanter (D-01), selanjutnya akan dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL) untuk dilakukan proses penanganan dan pengolahan lebih lanjut. Proses ini bertujuan untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh zat-zat kimia tersebut sebelum limbah dibuang ke lingkungan atau dialirkan ke sistem pengolahan limbah terpadu.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Pompa Utilitas

Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas		
Kode	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju bak pengendap awal	Mengalirkan air dari bak pengendap awal menuju bak klafier	Mengalirkan air dari klafier menuju saringan pasir
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
Spesifikasi			
Kapasitas(gpm)	262,50	249,99	238,09
Viskositas (cP)	0,82	0,82	0,82
Head (m)	6,55	6,33	6,34
ID Pipa (in)	6,065	6,065	6,065
OD Pipa (in)	6,625	6,625	6,625
IPS (in)	6,00	6,00	6,00
Flow area (in ²)	28,9	28,9	28,9
Power (hP)	3	3	2
Harga (Rp)	190.381.255	190.381.255	190.381.255

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas		
Kode	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari saringan pasir menuju bak air bersih	Mengalirkan air dari bak air bersih menuju tangki deklorinasi	Mengalirkan air dari basin melewati kondensor dan cooler menuju puncak menara
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi			
Suhu	30	30	30
Tekanan	1	1	1
Spesifikasi			
Kapasitas (gpm)	235,51	224,29	6.028,65
Viskositas (cP)	0,82	0,82	0,82
Head (m)	6,31	6,19	10,13
ID Pipa (in)	6,065	6,065	21,25
OD Pipa (in)	6,625	6,625	22,00
IPS (in)	6,00	6,00	22,00
Flow area (in ²)	28,9	28,9	355,00
Power (hP)	2	2	75
Harga (Rp)	190.381.255	190.381.255	973.275.600

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa Utilitas		
Kode	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Memompa hasil treatment asam sulfat untuk pengolahan steam	Mengalirkan hasil pengolahan NaOH untuk pengolahan steam	Mengalirkan air dari tangki umpan boiler menuju boiler 277 °C
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi			
Suhu	30	30	30
Tekanan	1	1	1
Spesifikasi			
Kapasitas (gpm)	142,23	142,23	142,23
Viskositas (cP)	0,82	0,82	0,82
Head (m)	7,47	7,47	7,12
ID Pipa (in)	4,026	4,026	4,026
OD Pipa (in)	4,50	4,50	4,50
IPS (in)	4,00	4,00	4,00
Flow area (in ²)	12,73	12,73	12,73
Power (hP)	2	2	2
Harga (Rp)	118.502.618	118.502.618	118.502.618

2. Bak Penampung

Tabel 5.10 Spesifikasi Bak Penampung

Spesifikasi	Bak Utilitas			
Kode	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan	Mengendapkan menampung air bersih dari saringan pasir	Menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga
Jenis	Bak persegi panjang			
Bahan	Beton bertulang			
Jumlah	1			
Kondisi Operasi				
Suhu (°C)	30			
Tekanan (atm)	1			
Spesifikasi				
Panjang (m)	3	3	3	3
Lebar (m)	11	1,10	6,04	10,23
Tinggi (m)	4	4	4	4
Volume (m³)	1.465,83	14,54	438,37	1.256,27
Harga (Rp)	695.474.381	147.642.606	466.239.808	738.213.030

3. Tangki Utilitas

Tabel 5.11 Spesifikasi Tangki Utilitas

Spesifikasi	Tangki Utilitas		
Kode	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Melarutkan HCl untuk regenerasi penukar kation	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar anion
Jenis	Tangki silinder tegak		
Bahan	Baja Carbon		
Jumlah	1		
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30		
Tekanan (atm)	1		
Spesifikasi			
Volume (m³)	52,08	3,10	0,99
Diameter (m)	4,05	1,49	1,02
Tinggi (m)	4,05	1,49	1,02
Harga (Rp)	491.494.465	143.757.274	143.757.274

Tabel 5.11 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Tangki Utilitas		
Kode	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Menampung air umpan boiler dan air proses	Menyimpan air umpan boiler	Menyimpan air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator	
Bahan	Baja <i>Carbon</i>		
Jumlah	1		
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30		
Tekanan (atm)	1		
Spesifikasi			
Volume (m³)	33,03	264,75	33,09
Diameter (m)	3,48	4,83	2,41
Tinggi (m)	3,48	12	12
Harga (Rp)	398.246.503	1.730.915.288	590.570.424

Tabel 5.11 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Tangki Utilitas	
Kode	Tangki penukar kation	Tangki penukar anion

Tabel 5.11 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Baja <i>Carbon</i>	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	30	
Tekanan (atm)	1	
Spesifikasi		
Volume (m³)	161,83	161,83
Diameter (m)	1,72	1,18
Tinggi (m)	2,07	1,41
Harga (Rp)	143.757.274	143.757.274

4. Saringan Pasir

Tabel 5.12 Spesifikasi Saringan Pasir

Spesifikasi	Saringan Pasir
Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring pasir yang terbawa oleh sungai
Jenis	Bak silinder tegak dilengkapi pengaduk
Bahan	Baja <i>Carbon</i>
Jumlah	1

Tabel 5.13 Spesifikasi Saringan Pasir (lanjutan)

Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
Spesifikasi	
Panjang (m ²)	2,73
Lebar (m)	2,73
Tinggi Tumpukan (m)	1,22
Harga (Rp)	2.459.414.989

5. *Klarifier***Tabel 5.14** Spesifikasi *Klarifier*

Spesifikasi	<i>Klarifier</i>
Kode	KL-01
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang dibawa oleh air
Jenis	Bak silinder tegak dengan bentuk kerucut
Bahan	Baja <i>Carbon</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
Spesifikasi	
Diameter (m)	8,19
Tinggi (m)	4,10

Tabel 5.15 Spesifikasi *Klarifier* (lanjutan)

Volume (m ³)	290,84
Harga (Rp)	510.532.590

6. *Cooling Tower***Tabel 5.16** Spesifikasi *Cooling Tower*

Spesifikasi	<i>Cooling Tower</i>
Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	Menara pendingin jujut tarik (Induced draft)
Bahan	Baja <i>Carbon</i>
Jumlah	1
Spesifikasi	
Panjang (m)	16,54
Lebar (m)	16,54
Tinggi (ft)	30
Motor Standart (hP)	20
Harga (Rp)	52.249.941.186

7. *Boiler***Tabel 5.17** Spesifikasi *Boiler*

Spesifikasi	Boiler
Kode	BO-01
Fungsi	Mencampur kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler
Jenis	<i>Fire Tube Boiler</i>

Tabel 5.18 Spesifikasi *Boiler* (lanjutan)

Bahan	Baja <i>Carbon</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	230
Tekanan (atm)	27,58
Spesifikasi	
OD (m)	0,07
ID (m)	0,06
Panjang (m)	3,66
Volume (liter/jam)	143,2
Harga (Rp)	9.416.101.462

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi dalam perancangan pabrik merupakan salah satu aspek penting yang harus diperhatikan sebelum proses pendirian dilakukan. Evaluasi ini bertujuan untuk memperkirakan besarnya modal investasi yang diperlukan serta menilai kelayakan finansial dari pabrik yang akan didirikan. Salah satu bagian penting dalam perancangan pabrik adalah estimasi biaya peralatan yang akan digunakan dalam operasional pabrik, karena harga peralatan tersebut menjadi dasar dalam menyusun estimasi biaya investasi secara keseluruhan. Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan modal, potensi keuntungan, periode pengembalian modal, serta titik impas yang menggambarkan kapan investasi mulai memberikan keuntungan. Evaluasi ini mencakup berbagai komponen utama sebagai berikut:

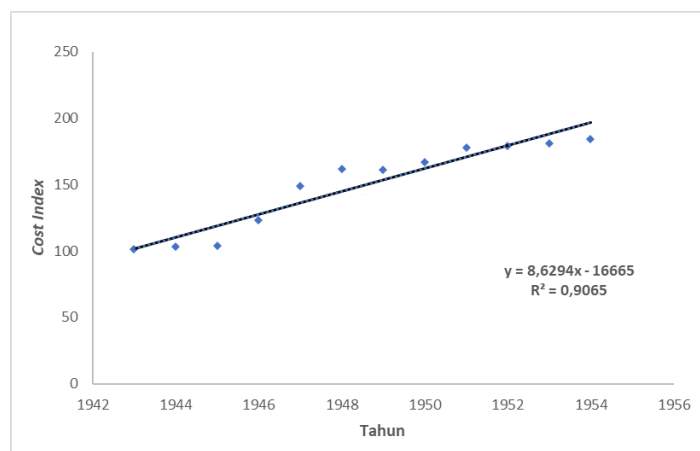
1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi

- a. *Return on Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Even Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga setiap peralatan cenderung mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, untuk memperoleh estimasi harga peralatan pada tahun pendirian pabrik, diperlukan suatu metode prediksi yang didasarkan pada data indeks harga peralatan pada tahun tersebut.

Indeks harga pada tahun perencanaan ditentukan menggunakan metode regresi linier berdasarkan data indeks harga dari tahun-tahun sebelumnya. Data indeks tersebut dapat diperoleh dari *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI), yang kemudian diplot dan ditarik garis tren untuk memperkirakan indeks CEP pada tahun 2025. Adapun grafik hasil pemodelan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 6. 1 Grafik Hubungan Tahun terhadap Indeks CEP

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).

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

Dengan:

Ex : harga alat pada tahun X

Ey : harga alat pada tahun Y

Nx : nilai indeks harga untuk tahun X

Ny : nilai indeks harga untuk tahun Y

Penentuan nilai indeks CEP dilakukan berdasarkan data harga yang tersedia, sebagaimana dikemukakan oleh Aries dan Newton (1955). Nilai indeks CEP tersebut kemudian dihitung menggunakan metode regresi linear untuk memperoleh nilai indeks pada tahun referensi dan tahun pembelian.

Melalui metode regresi linear pada Gambar 6.1, diperoleh nilai indeks CEP pada tahun referensi 2014 yaitu sebesar 714,61. Sementara nilai indeks CEP pada tahun pembelian, yaitu tahun 2030, sebesar 852,68. Sehingga dari persamaan (6.1) didapat nilai Ex sebesar 1,19. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk memperkirakan harga peralatan proses dan utilitas, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2030	2014	2030
1	Tangki bahan baku C ₆ H ₅ Cl	T-01	1	714,61	852,68	76.500	91.281
2	Tangki bahan baku CH ₃ NH ₂	T-02	1			436.300	520.598
3	Tangki produk C ₇ H ₉ N	T-03	1			76.500	91.281
4	Bin katalis Cu ₂ Cl ₂	B-01	1			15.700	18.733
5	Mixer	M-01	1			120.600	143.901
6	Reaktor	R-01	1			2.050.085	2.446.183
7	Dekanter	D-01	1			50.745	60.549
8	Menara Distilasi	MD-01	1			607.417	724.776
9	<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	1			2.500	2.983
10		HE-02	1			1.400	1.670
11		HE-03	1			2.700	3.222
12	<i>Reboiler</i>	RB-01	1			51.700	61.689
13	<i>Cooler</i>	CL-01	1			3.500	4.176
	<i>Cooler</i>	CL-02	1			3.500	4.176
14	<i>Condenser</i>	CD-01	1			21.800	26.012

Tabel 6.2 Harga Alat Proses (lanjutan)

15		CD-02	1			10.100	12.051
16	<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	1			4.100	4.892
17	<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	1			12.800	15.273
18	<i>Hopper</i>	H-01	1			10.800	12.887
19	<i>Expansion Valve</i>	EV-01	1			10.974	13.094
20		EV-02	1			7.668	9.150
21	Pompa	P-01	1			7.800	9.307
22		P-02	1			7.800	9.307
23		P-03	1			7.800	9.307
24		P-04	1			7.800	9.307
25		P-05	1			7.800	9.307
26	Accumulator	AC-01	1			300	358
Total						3.616.689	4.288.547

(Sumber : matche.com dan alibaba.com)

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2030	2014	2030
1	Bak Pengendap awal	BU-01	1	714,61	852,68	-	42.717
2	Bak Pencampur Cepat	BU-02	1			-	9.068
3	Klafier	KL-01	1			-	31.358
4	Saringan Pasir	FU-01	1			-	151.060
5	Bak Air Bersih	BU-03	1			-	28.637
6	Tangki Deklorinasi	TU-01				25.300	30.188
7	Bak Air Minum	BU-04	1			-	45.342
8	Menara Pendingin	CT-01	1			2.689.600	3.209.259
9	Tangki Penukar Kation		1			7.400	8.830
10	Tangki HCL	TU-02	1			7.400	8.830
11	Tangki Penukar Anion		1			7.400	8.830
12	Tangki NaOH	TU-03	1			7.400	8.830
13	Tangki Air Proses	TU-04				20.500	24.461
13	Tangki Umpan Boiler	TU-05	1			89.100	106.315

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	NY	NX	CY (\$)	CX (\$)
				2014	2030	2014	2030
14	Tangki Kondensat	TU-06	1			30.400	36.274
15	Boiler	BO-01	1			484.700	578.349
16	Listrik	LU-01	1			-	25.415
17	Kompresor Udara	KU-01	1			8.600	10.262
18	BBM	TB-01	1			4.800	5.727
19	Pompa	PU-01	1			9.800	11.693
20		PU-02	1			9.800	11.693
21		PU-03	1			9.800	11.693
22		PU-04	1			9.800	11.693
23		PU-05	1			9.800	11.693
24		PU-06	1			50.100	59.780
25		PU-07	1			6.100	7.279
26		PU-08	1			6.100	7.279
27		PU-09	1			6.100	7.279
28	Generator set	GU-01				-	11.000
Total							4.520.834

(Sumber : matche.com dan alibaba.com)

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas pabrik : 2.500
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Kurs mata uang : 1 \$ = Rp 16.281 (Per Juni 2025)
(<https://g.co/finance/USD-IDR>)
- e. Tahun pabrik didirikan : 2030
- f. Harga bahan baku (klorobenzena) : Rp 48.324.179.030 /tahun
- g. Harga bahan baku (metilamina) : Rp 214.297.382.897 /tahun
- h. Harga katalis (*cuprous chloride*) : Rp 161.973.395.566 /tahun
- i. Harga produk (metilanilina) : Rp 1.231.347.224.545 /tahun

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Capital Investment

Investasi modal (*capital investment*) adalah seluruh biaya yang diperlukan untuk pengadaan fasilitas pabrik beserta perlengkapannya, serta biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan operasional pabrik. *Capital investment* terdiri dari:

A. Fixed Capital Investment

Investasi modal tetap (*fixed capital investment*) adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan fasilitas-fasilitas pabrik yang bersifat permanen dan digunakan dalam jangka panjang.

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost (PPC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	8.809.381	143.425.532.973

Tabel 6.5 *Physical Plant Cost (PPC) (lanjutan)*

2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	4.404.691	71.712.766.486
3	<i>Instalasi cost</i>	3.523.752	57.370.213.189
4	<i>Pemipaan</i>	1.174.584	19.123.404.396,34
5	<i>Instrumentasi</i>	1.761.876	28.685.106.595
6	<i>Insulasi</i>	2.936.460	47.808.510.991
7	<i>Listrik</i>	1.174.584	19.123.404.396
8	<i>Bangunan</i>	1.761.876	28.685.106.595
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	4.698.337	76.493.617.585
Total			492.427.663.206

Tabel 6.6 *Direct Plant Cost (DPC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	30.245.542	492.427.663.206
2	<i>Engineering and Supervisor</i>	1.209.822	19.697.106.528
Total			512.124.769.734

Tabel 6.7 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	31.455.363	512.124.769.734
2	<i>Construction expense</i>	1.258.215	20.484.990.789
3	<i>Contractor's fee</i>	629.107	10.242.495.395
Total			542.852.255.918

B. *Working Capital Investment*

Investasi modal kerja (*working capital investment*) adalah biaya yang dibutuhkan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk menjalankan operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu. Sumber modal kerja dapat berasal dari berbagai pihak, seperti dana pribadi, pinjaman bank, atau kontribusi investor. Proporsi antara dana pribadi dan dana pinjaman biasanya disesuaikan dengan kemampuan finansial, dan dapat menggunakan sistem bagi hasil atau rasio pembiayaan seperti 40:60, 30:70, atau komposisi lainnya tergantung pada nilai investasi yang ditanamkan. Tujuan utama dari investasi ini adalah memperoleh keuntungan dari modal yang telah dikeluarkan. Karakteristik investasi yang baik mencakup kemampuan menghasilkan laba maksimal, waktu pengembalian investasi yang relatif cepat, kepatuhan terhadap regulasi, penggunaan teknologi yang memadai, serta menjamin keamanan dalam pelaksanaannya.

Tabel 6.8 *Working Capital Investment (WCI)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	684.327	11.141.520.809
2	<i>Inproses Inventory</i>	6.529.185	106.301.666.882
3	<i>Product Inventory</i>	1.384.979	22.548.838.430
4	<i>Extended Credit</i>	1.360.247	22.146.180.601
5	<i>Available Cash</i>	2.720.494	44.292.361.201
Total			206.430.567.923

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Biaya manufaktur (*manufacturing cost*) adalah seluruh biaya yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu produk. Biaya ini mencakup biaya langsung (*direct*), tidak langsung (*indirect*), serta biaya tetap (*fixed*), yang semuanya berkaitan dengan proses pembuatan produknya. *Manufacturing cost* terdiri dari:

A. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Biaya langsung (*direct manufacturing cost*) adalah biaya yang secara langsung berkaitan dengan pembuatan produk.

Tabel 6.9 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material</i>	26.079.169	424.594.957.493
2	<i>Labor</i>	82.612	1.345.000.000
3	<i>Supervision</i>	1.652	26.900.000
4	<i>Maintenance</i>	1.000.281	16.285.567.678
5	<i>Plant Supplies</i>	10.003	162.855.677
6	<i>Royalty and Patents</i>	4.537.856	73.880.833.473
7	<i>Utilities</i>	30.945.816	503.828.824.039
Total			1.020.124.938.359

B. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Biaya tak langsung (*indirect manufacturing cost*) adalah biaya yang tidak secara langsung berkaitan dengan proses produksi suatu produk, namun tetap diperlukan untuk mendukung operasional pabrik.

Tabel 6.10 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.478	40.350.000
2	<i>Laboratory</i>	2.478	40.350.000
3	<i>Plant Overhead</i>	9.913	161.400.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	285.607	4.649.972.551
Total			4.892.072.551

C. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Biaya tetap (*fixed manufacturing cost*) adalah biaya yang tetap harus dikeluarkan oleh pabrik, baik saat proses produksi sedang berjalan maupun tidak. Biaya ini bersifat konstan atau tetap dan tidak dipengaruhi oleh waktu maupun tingkat produksi.

Tabel 6.11 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Depreciation</i>	1.667.134	27.142.612.796
2	<i>Property taxes</i>	333.427	5.428.522.559
3	<i>Insurance</i>	333.427	5.428.522.559
Total			37.999.657.914

Tabel 6.12 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	62.657.388	1.020.124.938.359

Tabel 6.13 Total *Manufacturing Cost* (MC) (lanjutan)

2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	300.477	4.892.072.551
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	2.333.988	37.999.657.914
Total			1.063.016.668.825

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Pengeluaran umum (*general expenses*) adalah biaya yang terkait dengan aktivitas operasional perusahaan secara keseluruhan, namun tidak termasuk dalam biaya produksi. Biaya ini diperlukan untuk memastikan kelancaran fungsi dan manajemen perusahaan.

Tabel 6.14 *General Expenses* (GE)

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Administration</i>	1.512.619	24.626.944.491
2	<i>Sales Expense</i>	1.512.619	24.626.944.491
3	<i>Research</i>	1.512.619	24.626.944.491
4	<i>Finance</i>	652.919	10.630.166.688
Total			84.511.000.161

Tabel 6.15 Total *Production Cost*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	65.291.854	1.063.016.668.825
2	<i>General Expenses (GE)</i>	5.190.775	84.511.000.161
Total			1.147.527.668.985

6.4 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan sebelum pajak

Total Penjualan	: Rp. 1.231.347.224.545
Total Biaya Produksi	: Rp. 1.147.527.668.985
Keuntungan	: Total penjualan – Total biaya produksi
	: Rp. 83.819.555.559

2. Keuntungan sesudah pajak

Pajak	: 25% x Rp. 83.819.555.559
	: Rp. 20.954.888.890
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak - Pajak
	: Rp. 62.864.666.670

6.5 Analisa Risiko Pabrik

Untuk mendirikan suatu pabrik, risiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut memiliki risiko yang rendah (*low risk*) atau berisiko tinggi (*high risk*). Terdapat sejumlah parameter yang digunakan sebagai acuan dalam penilaian risiko. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.14.

Tabel 6.16 Kategori Risiko

No.	Parameter	Deskripsi	Risk	
			High	Low
1.	Kondisi operasi	Suhu maksimal yang digunakan	✓	
		Tekanan maksimal yang digunakan	✓	

Tabel 6.17 Kategori Risiko (lanjutan)

2.	Karakteristik bahan baku yang digunakan	Metilamina		✓
		Klorobenzena		✓
		Katalis Cu_2Cl_2		✓
3.	Karakteristik produk yang dihasilkan	Metilnilina		✓
4.	Lokasi pabrik	Kabupaten, Provinsi		✓

Berdasarkan beberapa parameter di Tabel 6.13 dapat disimpulkan bahwa pabrik ini tergolong memiliki risiko yang tinggi (*low risk*)

6.6 Analisa Kelayakan

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui besarnya keuntungan yang dapat diperoleh, guna menentukan potensi maksimal dari laba yang dihasilkan. Dengan demikian, dapat dievaluasi apakah pabrik memiliki prospek ekonomi yang menguntungkan atau tidak. Penilaian ini menjadi dasar dalam menentukan kelayakan suatu pabrik dari aspek ekonomi. Adapun beberapa metode yang dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi pabrik antara lain:

6.6.1 *Return On Investment* (ROI)

Return on Investment (ROI) adalah estimasi keuntungan tahunan yang diperoleh berdasarkan seberapa cepat modal tetap yang diinvestasikan dapat kembali. ROI dinyatakan dalam bentuk persentase (%) terhadap jumlah modal tetap yang digunakan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ROI adalah:

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

a. *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak = 15,47%

b. *Return on Investment* (ROI) setelah pajak = 11,60%

Keuntungan bersih (profit) diperoleh dari selisih antara total penjualan tahunan (*annual sales*, S_a) dan total biaya produksi (*total manufacturing cost*). Komponen finansial (*finance*) akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang yang timbul selama masa pembangunan pabrik. Pabrik dengan tingkat risiko rendah memiliki batas minimum *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 11%, sedangkan untuk pabrik dengan tingkat risiko tinggi, batas minimum ROI sebelum pajak sebesar 44%.

6.6.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time (POT) merupakan periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan seluruh modal investasi berdasarkan besarnya keuntungan yang dihasilkan. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan tahun seberapa modal investasi akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung POT adalah:

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

a. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak (POT b) = 3,93 tahun

b. *Pay Out Time* (POT) setelah pajak (POT a) = 4,63 tahun

Pada pabrik dengan tingkat risiko rendah memiliki nilai maksimum *Pay Out Time* (POT) selama 5 tahun, sedangkan untuk pabrik dengan tingkat risiko tinggi, memiliki nilai maksimum *Pay Out Time* (POT) selama 2 tahun.

6.6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah titik impas di mana total pendapatan (*sales*) sama dengan total biaya (*total cost*), sehingga perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Jika tingkat penjualan berada di bawah nilai BEP, maka pabrik akan mengalami kerugian. Sebaliknya, apabila penjualan melebihi nilai BEP, maka pabrik akan memperoleh keuntungan. Secara umum, nilai BEP berkisar antara 40% hingga 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung BEP adalah:

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.18 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Depreciation</i>	1.667.134	27.142.612.796
2	<i>Property Taxes</i>	333.427	5.428.522.559
3	<i>Insurance</i>	333.427	5.428.522.559
Total			37.999.657.914

Tabel 6.19 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Labor</i>	82.612	1.345.000.000
2	<i>Payroll Overhead</i>	9.913	161.400.000
3	<i>Supervision</i>	1.652	26.900.000
4	<i>Plant Overhead</i>	2.478	40.350.000
5	<i>Laboratorium</i>	5.190.775	84.511.000.161
6	<i>General Expense</i>	1.000.281	16.285.567.678
7	<i>Maintenance</i>	10.003	162.855.677
8	<i>Plant Supplies</i>	2.478	40.350.000
Total			102.573.423.515

Tabel 6.20 *Annual Variable Value (Va)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Raw Material</i>	26.079.169	424.594.957.493
2	<i>Packaging & Shipping</i>	285.607	4.649.972.551
3	<i>Utilities</i>	30.945.816	503.828.824.039
4	<i>Royalty & Patent</i>	4.537.856	73.880.833.473
Total			1.006.954.587.556

Tabel 6.21 *Annual Sales Value (Sa)*

No.	Jenis Biaya	Harga (\$)	Harga (Rp.)
1	<i>Annual Sales Value</i>	75.630.933	1.231.347.224.545
Total			1.231.347.224.545

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas, maka diperoleh nilai BEP sebesar 45,04%.

6.6.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah titik di mana suatu kegiatan operasional pabrik harus dihentikan. Penghentian ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keputusan manajemen akibat operasi yang tidak lagi ekonomis, atau karena biaya variabel (*variable cost*) yang terlalu tinggi. Jika dalam satu tahun pabrik tidak mampu mencapai kapasitas minimum yang ditetapkan, maka operasional harus dihentikan, karena total biaya yang dikeluarkan akan melebihi biaya tetap (*fixed cost*) serta biaya penutupan pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SDP adalah:

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

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan di atas, maka diperoleh nilai SDP sebesar 20,16%.

6.6.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung DCFR adalah:

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

Dimana:

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

C : *Annual cash flow*

SV : *Salvage Value*

N : Umur Pabrik

I : Nilai DCFR

Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

FC = Rp. 542.852.255.918

WC = Rp. 206.430.567.923

C = Keuntungan setelah pajak + *Depreciation* + *Finance*

= Rp. 100.637.446.154

SV = 0,1 x FC

= Rp. 54.285.225.592

n = 10 tahun

Syarat minimum DCFR = 1,5 x suku bunga pinjaman bank

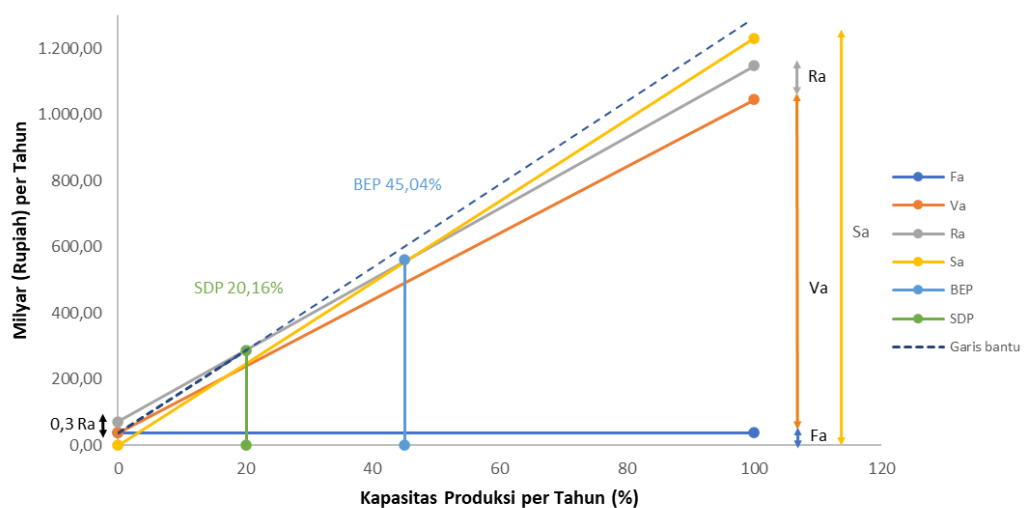
= 8,25%

Berdasarkan data terbaru, suku bunga BI *Rate* pada Juni 2025 adalah sekitar 5,50% (Bank Indonesia, 2025). Penentuan nilai DCFR dilakukan menggunakan pendekatan *trial and error*, dan diperoleh hasil sebesar 33%. Apabila nilai DCFR > 1,5 suku bunga bank, maka investasi pendirian pabrik dapat dianggap layak secara ekonomi. Nilai DCFR yang diperoleh menunjukkan bahwa investasi ini termasuk dalam kategori investasi yang menarik.

Tabel 6.22 Hasil Evaluasi Ekonomi

Keterangan	Perhitungan	Referensi
ROI (<i>Return On Investment</i>)	Sebelum pajak : 15,47%	low risk 11%
	Setelah pajak : 11,60 %	High risk 44%
POT (<i>Pay Out Time</i>)	Sebelum pajak : 3,93	Low risk 5 tahun
	Setelah pajak : 4,63	High risk 2 tahun
BEP (<i>Break Event Point</i>)	45,04%	40%-60%
SDP (<i>Shut Down Point</i>)	20,16%	20-30%
DCFR (<i>Discounted Cash Flow Rate</i>)	33%	minimal 20%

Selanjutnya, melalui berbagai analisis ekonomi yang telah dilakukan, didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.2.

**Gambar 6. 2** Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Pendirian pabrik metilanilina di Indonesia bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik, mengurangi ketergantungan impor, serta meningkatkan nilai tambah industri kimia. Selain itu, pabrik ini berpotensi mendukung ekspor dan memberikan kontribusi ekonomi bagi negara.
2. Pabrik metilanilina direncanakan berbentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dan akan mulai beroperasi pada tahun 2030. Lokasi pendiriannya berada di Kota Cilegon, Banten, dengan luas lahan sebesar 11.000 m² dan luas bangunan mencapai 10.850 m². Pabrik ini akan beroperasi selama 330 hari per tahun dan melibatkan sebanyak 101 tenaga kerja.
3. Berdasarkan hasil perhitungan utilitas, kebutuhan air, listrik, dan *steam* ditentukan sesuai dengan masing-masing kebutuhan operasional pabrik, yaitu sebagai berikut:
 - a. Kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 27.493.318 kg/jam
 - b. Kebutuhan listrik secara keseluruhan sebesar 1.311,9 kW.
 - c. Kebutuhan media *steam* secara keseluruhan sebesar 20.796,40 kg/jam.
4. Berdasarkan tinjauan terhadap proses produksi, karakteristik bahan baku, kondisi operasi, serta hasil evaluasi ekonomi, pabrik metilanilina dari

metilamina dan klorobenzena termasuk dalam kategori pabrik dengan tingkat risiko rendah (*low risk*).

5. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi ekonomi, diperoleh data sebagai berikut:

- a. Keuntungan pabrik sebelum dikenakan pajak sebesar Rp. 83.819.555.559 per tahun, sedangkan setelah pajak menjadi sebesar Rp. 62.864.666.670 per tahun.
- b. Nilai *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak adalah sebesar 15,47%, sedangkan setelah pajak menjadi sebesar 11,60%. Adapun syarat minimum ROI sebelum pajak untuk pabrik dengan tingkat risiko rendah adalah sebesar 11%.
- c. Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah selama 3,93 tahun, sedangkan setelah pajak menjadi 4,63 tahun. Adapun syarat maksimum POT sebelum pajak untuk pabrik dengan tingkat risiko rendah adalah selama 5 tahun.
- d. Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 45,04%, yang masih berada dalam kisaran standar kelayakan untuk pabrik kimia, yaitu antara 40% hingga 60%.
- e. Nilai *Shut Down Point* (SDP) pada pabrik diperoleh sebesar 20,16%.
- f. Nilai *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 33%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

7.2 Saran

Pra-rancangan pabrik kimia memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep dasar yang berperan penting dalam meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, antara lain sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan agar memperoleh keuntungan yang lebih optimal.
2. Dalam perancangan pabrik kimia, aspek pengelolaan limbah perlu diperhatikan agar dapat mendorong terciptanya industri kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produksi metilnilina jika direalisasikan maka kebutuhan domestik di masa depan dapat terpenuhi, sehingga ketergantungan terhadap impor dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical engineering cost estimation*. McGraw-Hill Book Company.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen produksi dan operasi*. Lembaga Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2025). *Ekspor dan impor anilin*.
- Badia, J. H., et al. (2021). *New octane booster molecules for modern gasoline composition*. *Energy & Fuels*, 35(14), 10949–10997.
<https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c01409>
- Bae, J. S., Kim, T., & Lee, C. (2014). *Synthesis of novel violet dyes for polyolefin fibers using N,N-dihexyl-2-methoxy-5-methylaniline and various diazo components*. *Fibers and Polymers*, 15, 2466–2471.
<https://doi.org/10.1007/s12221-014-2466-2>
- Brown, G. G. (1978). *Unit operations*. John Wiley & Sons.
- Brownell, L. E. (1959). *Process equipment design: Vessel design*. Wiley.
- Direksilp, C., & Sirivat, A. (2020). *Synthesis and characterization of hollow-sphered poly(N-methylaniline) for enhanced electrical conductivity based on the anionic surfactant templates and doping*. *Polymers*, 12(5), 1023.
- Groggins, P. H. (1952). *Unit processes in organic synthesis* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Haynes, William M., ed. (2011). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (92nd ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press. p. 4.132. ISBN 1-4398-5511-0.

- Holland, F. A., & Chapman, F. S. (1966). *Liquid mixing and processing in stirred tanks*. Reinhold Publishing Corporation.
- Hughes, E. C., Veatch, F., & Elersich, V. (1950). *N*-Methylaniline from chlorobenzene and methylamine. *Industrial & Engineering Chemistry*, 42(5), 787–790.
- Hughes, E. D. (1950). Mechanisms of reactions in solution. *Journal of the Chemical Society*, 244–255.
- Kern, D. Q. (1985). *Process heat transfer*. McGraw-Hill Book Co. Ltd. New York.
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1990). *Encyclopedia of chemical technology* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Mohamed, H. G., Aboud, A. A., & Abd El-Salam, H. M. (2021). Synthesis and characterization of chitosan/polyacrylamide hydrogel grafted poly(*N*-methylaniline) for methyl red removal. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 240–250.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.124>
- Newton, R. D., & Aries, R. S. (1951). Preliminary estimation of operating costs. *Industrial & Engineering Chemistry*, 43(10), 2304–2306.
<https://doi.org/10.1021/ie50502a047>
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1997). *Perry's chemical engineers' handbook* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (5th ed.). McGraw-Hill.

- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. (2001). *Introduction to chemical engineering thermodynamics* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Thomas, A., Smith, B., & Johnson, C. (1951). The synthesis and reactions of alkylated anilines. *Journal of Chemical Research*, 45(7), 1234–1245.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical properties handbook*. McGraw-Hill.
- Zidan, T. A., & Kandil, H. S. (2023). Investigation of novel polyanilines as new antioxidants for ethylene propylene diene monomer rubber composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(6), e54924.

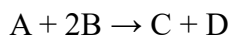
LAMPIRAN A

Kondisi Reaktor

Fungsi	: Mereaksikan klorobenzena dan metilamina menjadi metilanilina
Jenis reaktor	: RATB
Sifat Reaksi	: Endotermis
Kondisi Operasi	: Suhu = 215°C dan Tekanan = 61 atm
Waktu reaksi	: 30 menit
Konversi	: 90% (Hughes, 1950)

A. Kecepatan Reaksi

Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :



dengan, A : $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$

B : CH_3NH_2

C : $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCH}_3$

D : $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}$

Konstanta kecepatan reaksi didapatkan dengan mengevaluasi data – data yang ada dalam percobaan. Data percobaan yang ada didapatkan dari jurnal *Industrial and Engineering Chemistry* vol. 42, No. 5, Tahun 1950.

Judul : *N – methylaniline from chlorobenzene and methylamine*

Tahun : 1950

Penyusun : Everett C. Hughes, Franklin Veatch, and Valeria Elersich

Pada data percobaan, reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch* dan kondisi operasinya adalah sebagai berikut:

Suhu = 200°C

Waktu reaksi = 30 menit

Konsentrasi metilamin dalam air = 25%

Metilamina : klorobenzena = 5:1 (mol:mol)

Katalis = Cu_2Cl_2

Cu_2Cl_2 : klorobenzena = 0,2:1 (mol:mol)

Tabel A. 1 Perhitungan Reaktan Mula-mula

Komponen	Mr (gram/mol)	Densitas (gram/mL)	Mol	Massa (gram)	Volume (mL)
Metilamina (B)	31,05	0,69	50	1.552,9	2.221,60
Klorobenzena (A)	112,55	0,87	10	1.125,58	1.288,88
Air	18,01	0,82	258,59	4.658,7	5.640,54
Cu_2Cl_2	197,99	3,53	2	395,99	112,18
Total			320,59	7.733,18	9.263,21

Dari tabel tersebut dapat dihitung konsentrasi awal klorobenzena dan metilamina.

$$C_{Ao} = \frac{\text{mol A}}{\text{vol total}} = 1,08 \text{ mol/L (klorobenzena)}$$

$$C_{Bo} = \frac{\text{mol B}}{\text{vol total}} = 5,39 \text{ mol/L (metilamina)}$$

Tabel A.2 Perhitungan Reaksi

Waktu (Menit)	Konversi (%)	Mol Ca reaksi	Mol Ca sisa	Ca sisa (mol/L)	Mol Cb reaksi	Mol Cb sisa	Cb sisa (mol/L)
0	0	0	10	1,08	0	50	5,39
15	37,5	3,75	6,25	0,67	7,5	42,5	4,58
22,5	43,3	4,33	5,67	0,61	8,66	41,34	4,46
30	48,33	4,833	5,167	0,55	9,66	40,33	4,35
37,5	55	5,5	4,5	0,48	11	39	4,21
45	62	6,2	3,8	0,41	12,4	37,6	4,05
52,5	70	7	3	0,32	14	36	3,88
60	76,6	7,66	2,34	0,25	15,32	34,68	3,74

Dari hasil percobaan di atas terlihat bahwa konsentrasi metilamin dalam larutan jauh lebih besar dibandingkan konsentrasi klorobenzena artinya jumlahnya berlebih. Sehingga bisa diasumsikan konsentrasi metilamin tetap. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut.

$$\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^a C_B^b \approx k \cdot C_A^a$$

dimana, C_A = konsentrasi klorobenzena (mol/L)

C_B = konsentrasi metilamina (mol/L)

a dan b = orde reaksi

Mencari orde reaksi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\log \frac{-dC_A}{dt} = \log K + a \log C_A$$

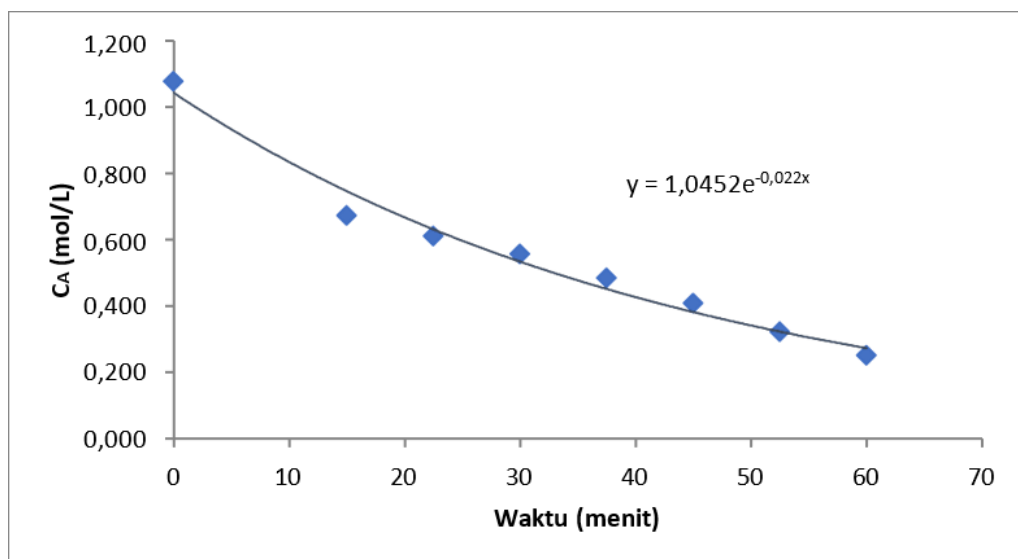
$$y = b + ax$$

dimana, $y = \log -dC_A/dt$

$x = \log C_A$

$b = \log K$

Dengan menggunakan excel, data diplot dan diperoleh grafik sebagai berikut



Gambar A. 1 Perbandingan antara Waktu (menit) dan CA (mol/L)

Dari grafik diatas diperoleh persamaan :

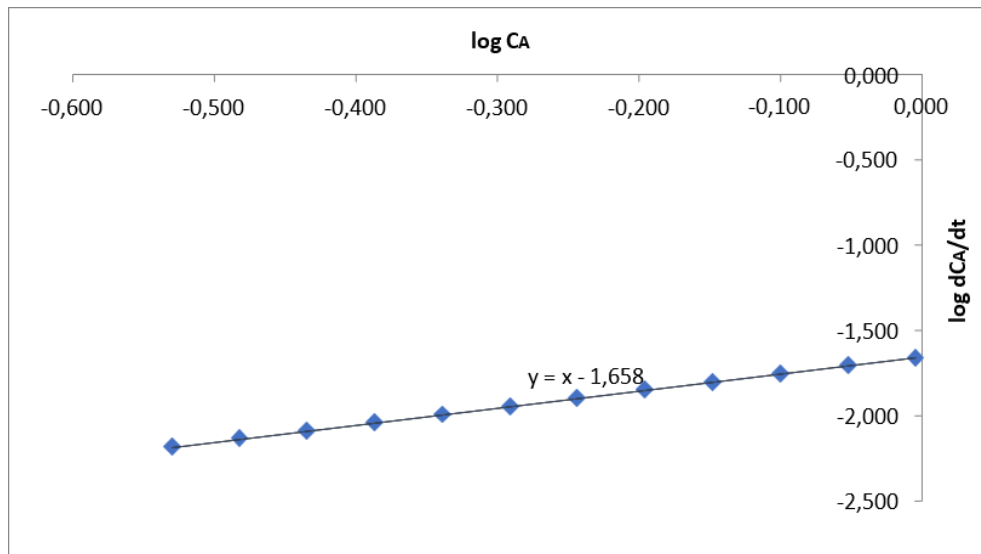
$$C_A = 1,0452 \exp (-0,022t)$$

Kemudian persamaan tersebut digunakan untuk menghitung persamaan diferensial dan didapatkan orde reaksi.

Tabel A. 3 Perhitungan Diferensial

Waktu (menit)	$\text{Exp}(-0,022t)$	C_A	C_A rata-rata	DC_A	dt	DC_A/dt	$\log C_A$	$\log$ dC_A/dt
0	1	1,045						
5	0,896	0,936	0,991	0,109	5	0,022	-0,004	-1,662
10	0,803	0,839	0,888	0,097	5	0,020	-0,052	-1,710
15	0,719	0,751	0,795	0,088	5	0,017	-0,100	-1,758
20	0,644	0,673	0,712	0,078	5	0,016	-0,147	-1,805
25	0,577	0,603	0,638	0,070	5	0,014	-0,195	-1,853
30	0,517	0,540	0,572	0,063	5	0,013	-0,243	-1,901
35	0,463	0,484	0,512	0,056	5	0,011	-0,291	-1,949
40	0,415	0,434	0,459	0,050	5	0,010	-0,338	-1,996
45	0,372	0,388	0,411	0,045	5	0,009	-0,386	-2,044
50	0,333	0,348	0,368	0,040	5	0,008	-0,434	-2,092
55	0,298	0,312	0,330	0,036	5	0,007	-0,482	-2,140
60	0,267	0,279	0,295	0,032	5	0,006	-0,530	-2,188

Selanjutnya dengan menggunakan Ms. Excel didapatkan hubungan antara $\log C_A$ dan $\log dC_A/dt$.



Gambar A. 2 Perbandingan antara log CA dan log dCA/dt

Diperoleh persamaan $y = x - 1,658$

dengan, $a = 1$

$$\text{Log } k = -1,658$$

$$k = 0,022/\text{menit}$$

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan pada orde 1.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan konstanta kecepatan reaksi pada kondisi optimum yang diperoleh dari jurnal *Industrial and Engineering Chemistry vol 42 no 5 tahun 1950*.

Suhu : 215°C

Konsentrasi metilamin dalam air : 60%

Metilamina : klorobenzena = 5:1 (mol:mol)

Katalis : Cu_2Cl_2

Cu_2Cl_2 : klorobenzena = 0,6 : 1 (mol:mol)

Waktu : 30 menit

Konversi klorobenzena (XA) : 90%

Perhitungan dilakukan dengan mengambil basis per 50 mol metilamin.

Tabel A. 4 Perhitungan Reaktan Mula-mula Reaksi Optimum

Komponen	Mr	Densitas (gram/mL)	Massa (gram)	Mol	Volume (mL)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ (A)	112,5585	0,873	1.125,585	10,000	1.288,882
H_2O	18,0152	0,826	1.035,267	57,466	1.253,455
CH_3NH_2 (B)	31,058	0,699	1.552,900	50,000	2.221,602
Cu_2Cl_2	197,998	3,530	5.939,940	30,000	1.682,750
Total			9.653,692	147,466	6.446,690

Dari tabel tersebut dapat dihitung konsentrasi awal klorobenzena dan metilamina.

$C_{A0} = 1,551 \text{ mol/L}$ (klorobenzena)

$C_{B0} = 7,756 \text{ mol/L}$ (metilamina)

Reaksi ini terbukti mengikuti kinetika orde satu dan dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut ini.

$$k = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{C_{A0}}{C_A}\right)$$

Dengan C_A pada $t = 30$ menit adalah:

$$C_A = C_{A0}(1 - x_A) = 0,1699 \text{ mol/L}$$

Maka, diperoleh nilai k sebesar: **$k = 0,0768$ /menit = $4,61$ /jam**

Menentukan Volume Reaktor dan Optimasi Reaktor

Volume reaktor dapat dihitung melalui penurunan neraca massa untuk komponen metilamin pada sistem reaktor alir tangki berpengaduk.

Rate of mass in – Rate of mass out – Rate of mass reaction = Rate of mass accumulation

$$F_v.C_{A0} - F_v.C_A - (-r_A).V = 0$$

$$F_v.C_{A0} - F_v.C_A = (-r_A).V$$

$$F_v.(C_{A0} - C_A) = (-r_A).V$$

$$F_v.C_{A0}.X_A = (-r_A).V$$

$$\frac{V}{F_v} = \frac{C_{A0} X_A}{-r_A} \quad (\text{A.1})$$

$$\tau = \frac{C_{A0} X_A}{-r_A} \quad (\text{A.2})$$

Dengan,

C_{A0} = konsentrasi klorobenzena mula-mula

V = volume reaktor

F_v = kecepatan volumetrik

τ = waktu tinggal

X_A = konversi

Sehingga dari persamaan (A.1) diperoleh nilai volume :

$$V = \frac{0,0022 \cdot 1394,16 \cdot 0,9}{0,001}$$

$$= 2724,65 \text{ L}$$

B. Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$k = 4,61/\text{jam}$$

$$F_v = 1394,16 \text{ L/jam}$$

$$C_{A0} = 0,0022 \text{ kmol/L}$$

$$-r_A = 0,001 \text{ mol/L.jam}$$

$$M = 0,46$$

Persamaan umum :

$$V = 2724,6 \text{ L}$$

$$X_1 = 0,90$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_1 = 654,6 \text{ L}$$

$$V_2 = 654,6 \text{ L}$$

$$X_1 = 0,68$$

$$X_2 = 0,90$$

3. Jumlah Reaktor 3

$$V_1 = 349,5 \text{ L}$$

$$V_2 = 349,5 \text{ L}$$

$$V3 = 349,5 \text{ L}$$

$$X1 = 0,54$$

$$X2 = 0,78$$

$$X3 = 0,90$$

4. Jumlah Reaktor 4

$$V1 = 235,6 \text{ L}$$

$$V2 = 235,6 \text{ L}$$

$$V3 = 235,6 \text{ L}$$

$$V4 = 235,6 \text{ L}$$

$$X1 = 0,44$$

$$X2 = 0,68$$

$$X3 = 0,82$$

$$X3 = 0,90$$

Indeks harga 2014 : 576,1

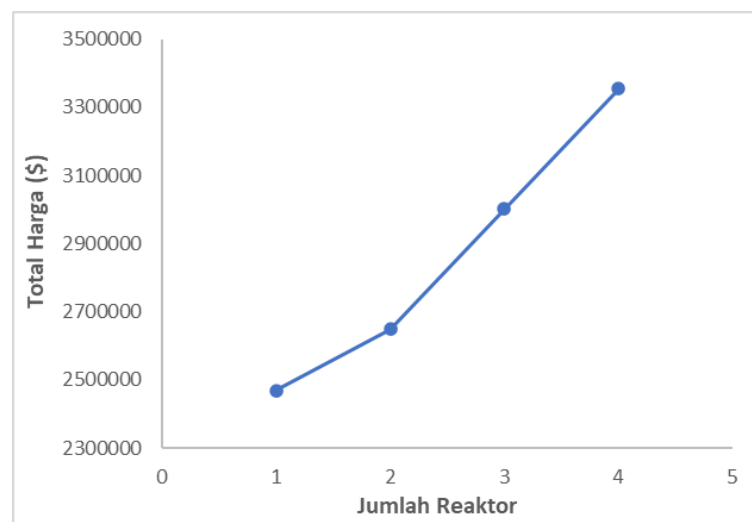
Indeks harga 2030 : 729,24

(Aries & Newton page 18 tabel 12)

Tabel A.5 Optimasi harga berdasarkan jumlah reaktor

Jumlah	Volume (L)	Volume (Gallon)	Harga (\$)		
			2014	2030	Total
1	2.724,64	719,78	1.950.085	2.468.460	2.468.460
2	654,61	172,93	1.046.100	1.324.176	2.648.352
3	349,50	92,33	790.400	1.000.506	3.001.517
4	235,62	62,24	662.300	838.354	3.353.415

Dengan menggunakan excel, data diplot dan diperoleh grafik sebagai berikut

**Gambar A.3** Grafik Optimasi Jumlah Reaktor

Berdasarkan gambar di atas, jumlah reaktor yang paling efisien untuk dirancang adalah sebanyak satu buah reaktor dengan volume 2.724,64 L yang mencapai konversi sebesar 90%.

C. Neraca Massa Reaktor

Tabel A. 6 Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	INPUT				OUTPUT	
		Arus 3		Arus 10		Arus 5	
		mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)	mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)	mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)
C ₆ H ₅ NHCH ₃	107	0,0000	0,0000	0,0281	3,0027	2,8063	300,2745
H ₂ O	18	0,2685	4,8331	0,1700	0,0942	0,4385	4,9272
CH ₃ NH ₂	31	15,4347	478,4748	0,0000	0,0000	9,8782	306,2239
C ₆ H ₅ Cl	112,5	0,0000	0,0000	3,0869	347,2801	0,3087	34,7280
CH ₃ NH ₂ HCl	67,5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,7782	187,5313
Cu ₂ Cl ₂	198	1,2348	244,4852	0,0000	0,0000	1,2348	244,4852
Subtotal (kg/jam)			727,7931		350,3770		1.078,1701
Total (kg/jam)		1.078,1701				1.078,1701	

D. Perancangan Reaktor

1. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan klorobenzena dan metilamina menjadi metilnilina

Bahan : *Stainless Steel Type SA-167 type 316*

Dipilih reaktor jenis ini dengan mempertimbang beberapa hal sebagai berikut:

- a. Reaksi dilakukan dalam kondisi suhu tetap (isothermal), sehingga diperlukan kestabilan suhu dan komposisi campuran sepanjang reaktor. Kondisi ini dapat dicapai dengan menggunakan reaktor aliran tangki berpengaduk (RATB).
- b. Karena reaktan berada dalam fase cair-cair, maka reaktor tipe RATB merupakan pilihan yang sesuai (Rase, 1977).
- c. Untuk mencegah terjadinya titik panas (hot spot), reaktor dilengkapi pengadukan agar suhu merata di seluruh bagian reaktor.
- d. Pemilihan bahan Stainless Steel Type SA-167 type 316 dengan pertimbangan memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan suhu ekstrem, serta lebih kuat dibandingkan material lainnya.

2. *Head*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167 type 316*

Jenis *Head* : *Elliptical Dished Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi:

- *Flanged & Standart Dished Head*, pada umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil.
- *Torispherical Flanged & Dished Head*, digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk Pop atmosferik dan harganya cukup ekonomis.
- *Elliptical Dished Head*, digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan distribusi tegangan lebih merata.

- *Hemispherical Head*, digunakan untuk tekanan operasi yang sangat tinggi dan kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas.

a. Menentukan Tebal *Head* (th) dan Tebal *Bottom*

Persamaan 13.1 Brownell & Young, 1959

$$th = \frac{p.d}{2.f.E-0,2.p}$$

dimana, p = tekanan desain, lb/in²

d = diameter *shell*, in

f = tegangan yang diizinkan, lb/in²

E = Efisiensi *welded-joint*

$$th = 1,924 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & young (hal 88), th standar yaitu :

th = 2 in digunakan tebal standar 2 in

b. Menghitung Tinggi *Head*

Berdasarkan tabel 5.8 (Brownell & Young, 1959), maka diperoleh sf standar :

$$sf = 1,5 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 18,0476 \text{ in}$$

$$th \text{ standar} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head total (OA)} = sf + b + th$$

$$= 21,548 \text{ in}$$

$$= 0,547 \text{ m}$$

3. *Shell*

a. Menghitung tebal *shell* (ts)

$$ts = \frac{p.d}{2.f.E-0,2.p} + C$$

(Brownell & Young, 1959)

Dimana :

- r : 0,5 x Diameter tangki = 31,62 in
- E : efisiensi pengelasan = 85%
- C : faktor korosi = 0,125 in
- F : Tegangan yang diijinkan = 18750 psia

Sehingga, didapatkan nilai ts :

ts = 2,362 in, digunakan tebal standar 3 in

ts = 3 in

ID *Shell* = 63,34 in

OD *Shell* = 69,34 in

OD Standar = 72 in

icr = 6 in

r = 60 in

E = 85%

C = 0,125

f = 18750 psia

b. Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam *Shell*

$$\begin{aligned}\text{Volume cairan} &= \text{Volume } shell - \text{Volume } bottom \\ &= 3,26 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi cairan dalam shell} &= \frac{4.V}{\pi.D^2} \\ &= 1,6 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Menentukan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor :

Komponen	BM (kmol/kg)	Fm (kmol/jam)	Fw (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)	Fv (L/jam)
C ₆ H ₅ NHCH ₃	107	0,1980	21,19	817,775	0,0259118	25,9118
H ₂ O	18	0,2733	4,92	825,920	0,0059570	5,9570
CH ₃ NH ₂	31	15,3987	477,36	521,414	0,9155104	915,5104
C ₆ H ₅ Cl	112,5	3,0797	346,47	873,341	0,3967178	396,7178
Cu ₂ Cl ₂	198	1,2319	243,92	3919,692	0,0622294	62,2294
Total		20,1817	1093,86	6958,143	1,4063263	1406,3263

Berdasarkan hasil optimasi, Adapun rasio D/H yang digunakan adalah 1:1,5. Dengan diketahuinya besar volume masing-masing reaktor maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan persamaan :

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$V = \frac{4V}{\pi} D^2 H$$

$$D = 1,609 \text{ m}$$

$$= 63,240 \text{ in}$$

Perancangan ini memilih $H = 1,5 D$ sehingga,

$$H = 2,413 \text{ m}$$

$$= 95,016 \text{ in}$$

$$V_{dish} = 0,00049 D^3$$

$$= 0,002 \text{ m}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{SF}{144}$$

$$= 0,0009 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = 2 (V_{dish} + V_{sf})$$

$$= 0,006 \text{ m}^3$$

$$V_{reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$= 3,275 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,5 \times V_{head}$$

$$= 0,003 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$= 3,26 \text{ m}^3$$

5. Menghitung Tekanan Desain

$$\text{Tekanan Hidrostatik} = \rho \cdot g \cdot h_{\text{cairan}}$$

$$\text{Vol cairan} = h_{\text{cairan}} \times (\pi D^2/4)$$

$$h_{\text{cairan}} = 1,607 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 22,02 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,003 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaksi}} = 61 \text{ atm}$$

$$= 899,997 \text{ psia}$$

$$P_{\text{Operasi}} = P_{\text{Reaksi}} + P_{\text{Hidrostatik}}$$

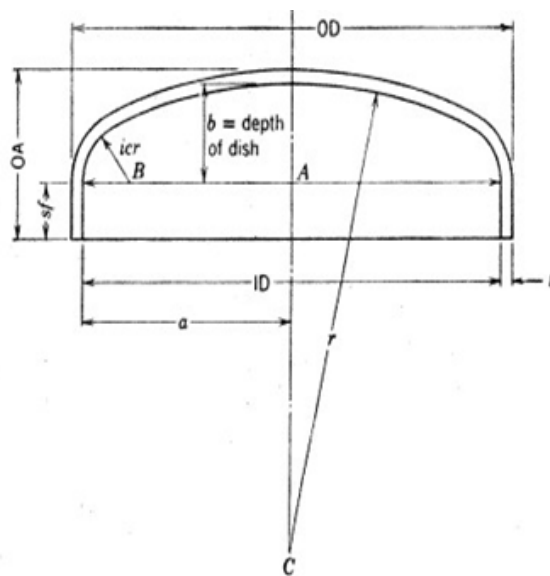
$$= 899,980 \text{ psia}$$

$$P_{\text{Desain}} = 1,2 \times P_{\text{Operasi}}$$

$$= 1079,76 \text{ psia}$$

$$P_{\text{reaktor}} = 1079,76 \text{ psia}$$

6. Menentukan Tinggi Reaktor Total



(Page 87, Brownell & Young, 1959)

$$\begin{aligned} ID &= OD \text{ standar} - (2 \cdot ts) \\ &= 68 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{ID}{2} \\ &= 34 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID}{2} - icr \\ &= 28 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 54 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} \\ &= 41,95 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 18,04 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi head total (OA)} &= sf + b + th \\ &= 21,548 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= 2 \times \text{tinggi head total} + \text{tinggi shell} \\ &= 3,5 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi :

$$T \text{ operasi} = 215 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 1,798 \text{ cP}$$

$$\rho = 7590,05 \text{ kg/m}^3$$

$$V \text{ tangki} = 3,2666 \text{ m}^3$$

Dipilih jenis pengaduk : *Pitched Blade Turbine*

Karena turbin ini memiliki kelebihan antara lain harganya murah dan komponen-komponennya mudah untuk dilepas atau diganti sehingga memudahkan ketika maintenance, sehingga berdasarkan G.G. Brown, 1978, hal. 507 diperoleh data :

$$D_t/D_i = 2,5 - 3,5$$

$$Z_L/D_i = 2,7 - 3,9$$

$$Z_i/D_i = 0,75 - 1,3$$

$$W_b/D_i = 0,17$$

$$L/D_i = 0,25$$

$$D_t = 63,34 \text{ in}$$

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

$$\text{Jumlah } \textit{blade} = 6$$

$$D_i = \text{Diameter pengaduk}$$

$$D_t = \text{Diameter dalam reaktor}$$

$$Z_L = \text{Tinggi cairan dalam reaktor}$$

$$W_b = \text{Lebar } \textit{baffle}$$

$$Z_i = \text{Jarak pengaduk dari dasar tangki}$$

$$L = \text{Lebar pengaduk}$$

Sehingga didapatkan

$$D_i = 25,338 \text{ in} = 0,644 \text{ m}$$

$$Z_i = 8,446 \text{ in} = 0,215 \text{ m}$$

$$ZL = 76,013 \text{ in} = 1,931 \text{ m}$$

$$L = 4,3 \text{ in} = 0,109 \text{ m}$$

$$Wb = 6,334 \text{ in} = 0,161 \text{ m}$$

8. Menghitung Jumlah *Impeller*

WELH adalah *Water Equipment Liquid Height* memiliki rumus :

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= \text{tinggi bahan} \times \text{sg} \\ &= \text{tinggi bahan} \times \frac{P_{\text{cairan}}}{P_{\text{air}}} \\ &= 15,528 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{Impeller} &= \frac{\text{WELH}}{ID} \\ &= 0,245 \\ &= 1 \text{ pengaduk} \end{aligned}$$

Maka jumlah pengaduk yang dibutuhkan adalah 1 buah

9. Menghitung Putaran Pengaduk

$$\frac{\text{WELH}}{2 DI} = \left(\frac{\pi DI N}{600} \right)^2$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot DI} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 DI}}$$

$$\begin{aligned} N &= 306,588 \text{ rpm} \\ &= 5,11 \text{ rps} \end{aligned}$$

Kecepatan standar motor = 320 rpm = 5,333 rps

(Tabel 1.1, Hal. 16, Holland F.A., Chapman F.S., 1966)

10. Menghitung Power Pengaduk

Diketahui :

$$\rho = 7590,05 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,0018 \text{ kg/m.s}$$

$$D_i = 2,111 \text{ ft}$$

$$N = 5,333 \text{ rps}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D_i^2}{\mu}$$

$$Re = 6.260.000$$

Dengan menggunakan fig 477, G.G Brown, hal. 507 maka diperoleh

$$N_p = 5,5.$$

$$Pa = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_a^5$$

Diketahui :

$$\rho \text{ campuran} = 7590,054 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (N)} = 5,333 \text{ rps}$$

$$\text{Diameter pengaduk (D)} = 0,644 \text{ m}$$

$$Pa = 699218,042 \text{ watt}$$

$$= 699,218 \text{ kW}$$

$$= 937,667 \text{ hp}$$

Maka daya efisiensi motor adalah 95% (fig. 14.38, Peters, Hal. 521)

sehingga diperoleh power pengaduk sebesar 1000 hP.

$$\text{Standar NEMA} = 1000 \text{ hP}$$

Perancangan Jaket Pemanas Reaktor

Dari perhitungan neraca panas yang dilakukan didapatkan beberapa data, antara lain:

- Kondisi operasi berjalan secara endotermis
- Media pemanas adalah *saturated steam*
- Jumlah panas yang disuplai oleh steam berdasarkan perhitungan neraca panas (Q_{pp}) sebesar 977.121,58 kJ/jam.

$$T_{in} = 230\text{ }^{\circ}\text{C} = 503,15\text{ K}$$

$$T_{out} = 230\text{ }^{\circ}\text{C} = 503,15\text{ K}$$

$$\Delta T = 0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$$

$$T_{ref} = 25\text{ }^{\circ}\text{C} = 398,15\text{ K}$$

Sifat fisis pada T rata-rata (K) :

$$\text{Tekanan (P)} = 2,79\text{ kPa}$$

$$\text{Specific enthalpy of saturated steam (Hs)} = 2.803,9\text{ kJ/kg}$$

$$\text{Rapat massa } (\rho \text{ steam}) = 13.985\text{ kg/m}^3$$

(John Wiley & Sons, 2004)

Menghitung kebutuhan panas :

$$m_{\text{steam}} = \frac{Q_{pp}}{H_s}$$

$$m_{\text{steam}} = \frac{977.121,58\text{ kJ/jam}}{2803,9\text{ kJ/kg}}$$

$$m_{\text{steam}} = 10.865,94\text{ kg/jam}$$

Menghitung kecepatan volumetric steam :

$$Q_v = \frac{m_{steam}}{\rho_{steam}}$$

$$Q_v = \frac{10.865,94 \text{ kg/jam}}{13.985 \text{ kg/m}^3}$$

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

Menghitung nilai ΔT LTMD:

No	Fluida Panas (F)	Fluida Dingin (F)	$\Delta T(\Phi)$
1	446	406,4	39,6
2	446	419	27

Untuk mencari nilai ΔT LTMD dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta T_{LTMD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LTMD} = 32,9 \text{ F}$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor:

A = Luas selimut reaktor + Luas penampang bawah reaktor

$$A = 149,06 \text{ ft}^2 + 28,24 \text{ ft}^2$$

$$A = 177,29 \text{ ft}^2$$

$$A = 16,47 \text{ m}^2$$

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas :

$$j_H = \frac{h_i \cdot D}{k} \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$h_i = 2.107,32 \frac{BTU}{jam} ft^2 \cdot ^\circ F$$

Menentukan Hio

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

$$h_{io} \text{ pipa} = 1.998,23 \frac{BTU}{jam} ft^2 \cdot ^\circ F$$

Menghitung Ho

$$h_o = 0,87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{L p^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c p \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,4}$$

$$h_o = 1734,30 \frac{BTU}{jam} ft^2 \cdot ^\circ F$$

Menghitung Uc dan Ud :

$$U_c = 928,47 \frac{BTU}{jam} ft^2 \cdot ^\circ F$$

$$U_d = 245,276 \frac{BTU}{jam} ft^2 \cdot ^\circ F$$

Maka didapatkan nilai luas kontak perpindahan panas (A_t) sebesar 114,77 ft² atau sama dengan 10,66 m².

Menghitung Tebal Dinding Jacket :

$$t = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

$$t = 2,98 \text{ in}$$

dipilih tebal standart yaitu 3 in

Menghitung Tebal Dinding Jaket :

$$t_h = \frac{Pr_w}{(2fE - 0,2P)} + C$$

$$t_h = 1,76 \text{ in}$$

dipilih t_h standart yaitu 2,25 in

Menghitung Volume Jaket

Tinggi jaket = tinggi *shell* reaktor

$$= 2,41 \text{ m}$$

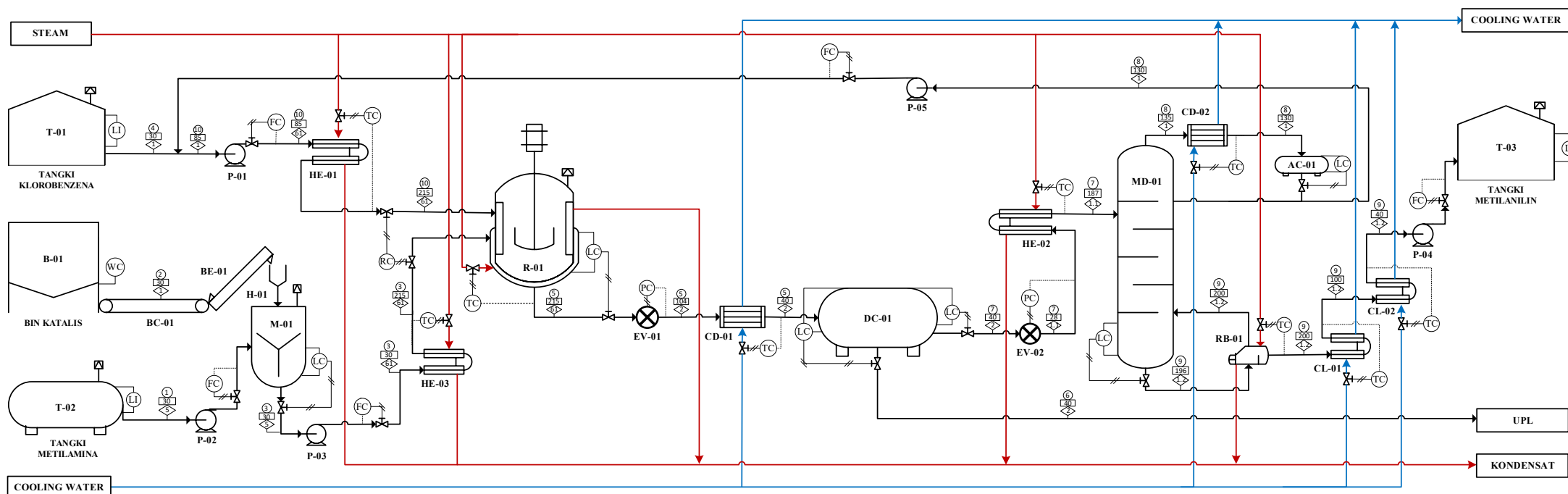
$$\text{Volume jaket} = \frac{\pi}{4} OD^2$$

$$= 8,22 \text{ m}^3$$

LAMPIRAN B

.

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK METILANILINA DARI METILAMINA DAN KLOOROBENZENA
DENGAN KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN



NO. ARUS (kg/jam)										KETERANGAN ALAT		KETERANGAN ALAT		KETERANGAN SIMBOL			JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AC	<i>Accumulator</i>	H	<i>Hopper</i>	 Nomor Arus		
Metilamina	478,47		478,47		306,22	306,22					B	<i>Bin</i>	HE	<i>Heater</i>	 Suhu		
Air	4,83		4,83	0,09	4,93	4,93				0,09	BC	<i>Belt Conveyor</i>	M	<i>Mixer</i>	 Tekanan		
Klorobenzena				312,90	34,73		34,73	34,38	0,35	347,28	BE	<i>Bucket Eleavtor</i>	MD	Menara Distilasi	 Aliran Pneumatik		
Metilanilina					300,27		300,27	3,00	297,27	3,00	CD	<i>Condensor</i>	P	Pompa	 Aliran Proses		
<i>Cuprous chloride</i>		244,49	244,49		244,49	244,49					CL	<i>Cooler</i>	R	Reaktor	 Aliran Listrik		
Metilamina hidroklorida					187,53	187,53					DC	<i>Decanter</i>	RB	<i>Reboiler</i>	 <i>Cooling water</i>		
TOTAL	483,31	244,49	727,79	312,99	1078,17	743,17	335,00	37,38	297,62	350,37	EV	<i>Expansion valve</i>	T	Tangki	 <i>Steam</i>		
															KETERANGAN INSTRUMEN		
															FC	<i>Flow Controller</i>	
															LC	<i>Level Controller</i>	
															LI	<i>Level Indicator</i>	
															PC	<i>Pressure Controller</i>	
															RC	<i>Ratio Controller</i>	
															TC	<i>Temperature Controller</i>	
															W	<i>Weigh Controller</i>	
															Disusun oleh:		
															1. Diti Meridian Maulani 21521005		
															2. Bunga Nidor Nefertiti 21521032		
															Dosen Pembimbing:		
															Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.		

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa 1 : Ditti Meridian Maulani

No Mahasiswa 1 : 21521005

Nama Mahasiswa 2 : Bunga Nidor Nefertiti

No Mahasiswa 2 : 21521032

Judul Prarancangan : Pra-Rancangan Pabrik Metilanol dari Metilamina
dan Klorobenzena dengan Kapasitas 2.500
Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 12 September 2024

Akhir Masa Bimbingan : 01 September 2025

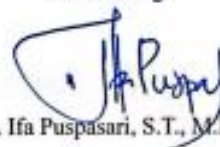
No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	02/10/2024	Konsultasi judul prarancangan	
2	23/10/2024	Penentuan kapasitas prarancangan	
3	19/12/2024	Pemilihan proses	
4	27/02/2025	Penentuan spesifikasi bahan	
5	6/03/2025	Pembuatan diagram alir kualitatif	
6	14/03/2025	Perhitungan neraca massa	
7	23/04/2025	Perancangan reaktor	
8	16/05/2025	Perancangan alat pemisah dan unit operasi pendukung	
		Pembuatan PFD	
		Perancangan alat penyimpanan bahan	
9	26/06/2025	Perancangan alat transportasi bahan	
		Perancangan alat penukar panas	
10	01/07/2025	Perhitungan neraca panas	
		Penentuan lokasi, tata letak, dan struktur organisasi perusahaan	

		Perancangan unit utilitas	It
		Perhitungan evaluasi ekonomi	It
		Penyusunan naskah	It

Disetujui Draf Penulisan:

Yogyakarta, 01 Juli 2025

Pembimbing



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