

**PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI
NITROBENZENE DENGAN KAPASITAS
21.000 TON/TAHUN**

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Yusuf Yanuar

Nama : Regita Cahyaningrum

NIM : 20521001

NIM : 20521153

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

2025

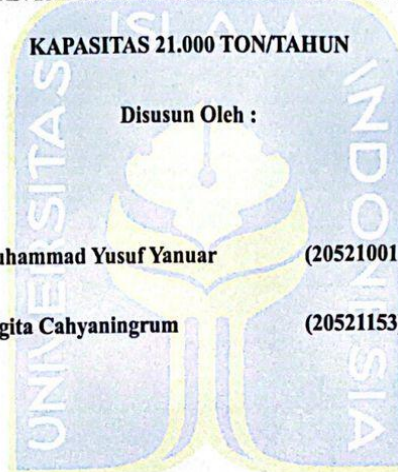
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENE DENGAN
KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :

Muhammad Yusuf Yanuar (20521001)

Regita Cahyaningrum (20521153)



Yogyakarta, 24 Desember 2025

Pembimbing Tugas Akhir

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

NIP : 055210503

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA-RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENE DENGAN

KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Yusuf Yanuar

Nama : Regita Cahyaningrum

NIM : 20521001

NIM : 20521153

Yogyakarta, 24 Desember 2025

Menyatakan bahwa naskah Pra-Rancangan Pabrik ini telah disusun sesuai dengan kaidah ilmiah. Apabila ditemukan indikasi pelanggaran, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mahasiswa



Muhammad Yusuf Yanuar

Mahasiswa



Regita Cahyaningrum

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENE DENGAN
KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN
PRA RANCANGAN

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Yusuf Yanuar

Nama : Regita Cahyaningrum

NIM : 20521001

NIM : 20521153

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, 14 Januari 2026

Tim Penguji,

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

Ketua

(Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.)

Anggota I

(Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.)

Anggota II

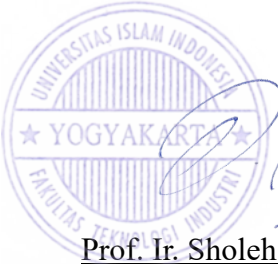
(.....) 21/1/26
(.....) 20/1
(.....)

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya berupa Iman dan kesehatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam tercurahkan bagi Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya akan kita nantikan kelak.

Penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Anilin dari Nitrobenzene Kapasitas 21.000 Ton/Tahun” disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah diperoleh selama masa perkuliahan, serta untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia pada prodi Teknik Kimia, Falkutas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik atas bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT. atas segala kehendak-Nya, penulis diberikan kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, nasihat serta dukungan berupa moral maupun material, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng. selaku Dekan Falkutas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Falkutas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mum, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Falkutas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, arahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini.
7. Ibu Ajeng Yuliati Dwi Lestari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing sebelumnya yang juga telah memberikan waktu, arahan dan bimbingan selama menjadi pembimbing tugas akhir kami.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Falkutas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu selama di perkuliahan.
9. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Falkutas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
10. Orang-orang terdekat yang turut memberikan semangat, bantuan, dukungan serta doa yang terbaik kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Seluruh pihak dan kalangan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.

Demikian laporan Tugas Akhir yang kami susun, semoga dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 24 Desember 2025

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT., Tuhan semesta alam. Dengan penuh rasa syukur yang tiada henti, saya panjatkan ke hadirat-Nya atas segala kemudahan yang diberikan ditengah rasa letih dan penat, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir pra-rancangan pabrik ini. Karya ini menjadi penutup dari perjalanan panjang saya selama kuliah sekaligus menjadi awal langkah baru untuk memasuki dunia yang berbeda. Perjalanan hingga titik ini tentu tidak terlepas dari dukungan orang-orang hebat yang selalu memberikan semangat, sehingga saya mampu melewati setiap prosesnya. Dari seluruh bagian karya ini, tidak ada yang lebih istimewa selain lembar persembahan yang dengan tulus saya tunjukkan kepada :

1. Ibu saya, pintu surga, Umi ku tercinta Dr. Trianovi Puspasari, terima kasih Umi telah memberikan dukungan dan mendoakan saya selama masa perkuliahan. Semoga apa yang telah Umi doakan dapat menjadi amal saleh di dunia maupun di akhirat kelak.
2. Abah saya, Dr. Darmono, terima kasih atas pengorbanan, doa, dan dukungan Abah untuk kemajuan kuliah saya. Terima kasih Abah, semoga apa yang Abah doakan menjadi kebaikan bagi saya di masa mendatang dan di akhirat.
3. Partner tugas akhir saya, Regita Cahyaningrum, terima kasih telah berjuang bersama dan sudah saling membantu dalam mengerjakan tugas akhir.
4. Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Ibu

berikan selama ini. Tanpa Ibu, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT. senantiasa melimpahkan keberkahan, kesehatan, kebahagiaan, kesuksesan kepada Ibu dan keluarga.

5. Teman-teman saya, Akbar Alex Mahesa, Zakia Rahman, Ferdi Tegar, Very Afrizal, terima kasih telah menjadi teman yang selalu mendukung dan membantu saya dalam suka maupun duka.

Muhammad Yusuf Yanuar

Teknik Kimia 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang senantiasa melimpahkan nikmat dan karunia-Nya tanpa batas, senantiasa melindungi, mempermudah setiap urusan, serta mengabulkan doa-doa saya sehingga karya ini dapat saya selesaikan dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam tercurahkan bagi Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya akan dinantikan kelak. Sebagai tanda hormat dan rasa terima kasih yang mendalam, saya persembahkan karya sederhana ini kepada :

Kedua orang tua saya, Ibu dan Bapak tersayang, yang tiada henti memberikan kasih sayang, cinta yang tulus, doa, kesabaran, dukungan, dan semangat. Terima kasih Bu, Pak, atas setiap pengorbanan yang telah Ibu dan Bapak berikan sehingga membuat saya kuat dan mampu bertahan hingga detik ini dan tidak pernah berhenti untuk mengejar cita-cita. Saya berharap karya yang telah saya buat dapat membuat Ibu dan Bapak bangga. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kesehatan dan kelimpahan rezeki kepada Ibu dan Bapak.

Ririn Endah Utari, kakak perempuan saya, yang sedikit banyak membantu saya dalam menyelesaikan karya ini. Terima kasih telah menjadi garda terdepan ketika saya membutuhkan pertolongan dan menjadi penguat saya selama di perantauan. Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih untuk Zee dan Mily, kucing kesayangan saya dan keluarga, yang kehadirannya menjadi sumber

kebahagiaan dalam hidup saya dan selalu memberikan energi positif sehingga saya dapat melupakan rasa lelah dalam menjalani hari.

Muhammad Yusuf Yanuar, partner tugas akhir saya, yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Serta kepada sahabat-sahabat saya yang selalu mendukung dan menjadi teman dalam setiap suka maupun duka. Bahagia dan sehat selalu dimanapun kalian berada.

Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing, saya ucapkan banyak terima kasih karena telah dengan penuh dedikasi membimbing, mengajari, menasehati, dan memberikan banyak ilmu kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Serta Ibu Ajeng Yuliati Dwi Lestari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing sebelumnya, saya juga ucapkan banyak terima kasih atas bimbingan, arahan, waktu, nasihat dan ilmu yang telah Ibu berikan selama menjadi dosen pembimbing. Semoga semua ilmu yang telah diberikan menjadi ilmu yang barokah dan membawa manfaat dunia akhirat.

Diriku sendiri, terima kasih telah berjuang dengan segala rasa lelah dan keterbatasan, namun tetap memilih untuk terus melangkah maju. Terima kasih telah belajar sabar, bertahan untuk tetap percaya pada proses meski seringkali penuh dihantui dengan keraguan. Semoga karya ini bisa menjadi pengingat bahwa saya sudah mampu melewati segala prosesnya.

Regita Cahyaningrum

Teknik Kimia 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
LEMBAR PERSEMBAHAN	x
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kapasitas Pabrik.....	3
1.2.1. Data Produksi Anilin di Dunia	3
1.2.2. Data Produksi Anilin di Indonesia.....	3
1.2.3. Data Impor Anilin.....	5
1.2.4. Data Ekspor Anilin	7
1.2.5. Data Konsumsi Anilin	7
1.2.6. Ketersediaan Bahan Baku.....	9
1.2.7. Kapasitas Perancangan	10
1.3. Tinjauan Pustaka	13
1.3.1. Anilin.....	13
1.3.2. Nitrobenzene.....	13
1.3.3. Benzene	14
1.3.4. Hidrogen	15
1.4. Pemilihan Proses	16
1.4.1. Proses Hidrogenasi Fase Uap	16
1.4.2. Proses Reduksi Nitrobenzene	17
1.4.3. Proses Ammonolisis Klorobenzene	18
1.4.4. Perbandingan Proses.....	19

1.5. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	21
1.5.1. Tinjauan Kinetika	21
1.5.2. Tinjauan Termodinamika.....	22
BAB II.....	26
PERANCANGAN PRODUK	26
2.1. Spesifikasi Produk.....	26
2.2. Sifat Kimia dan Identifikasi Bahaya Senyawa	27
2.2.1. Sifat Kimia.....	27
2.2.2. Identifikasi Bahaya	30
BAB III	32
PERANCANGAN PROSES	32
3.1. Diagram Alir Proses dan Material	32
3.1.1. Diagram Alir Kualitatif.....	32
3.1.2. Diagram Alir Kuantitatif.....	33
3.2. Uraian Proses.....	34
3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku	34
3.2.2. Tahap Reaksi	34
3.2.3. Tahap Pemisahan Awal	35
3.2.4. Tahap Pemurniaan	35
3.3. Spesifikasi Alat.....	36
3.3.1. Spesifikasi Reaktor	36
3.3.2. Spesifikasi Alat Pemisah	38
3.3.3. Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	40
3.3.4. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	43
3.3.5. Spesifikasi Alat Penukar Panas	46
3.4. Neraca Massa	63
3.5. Neraca Panas	66
BAB IV	75
PERANCANGAN PABRIK	75
4.1. Lokasi Pabrik.....	75
4.1.1. Faktor Primer.....	76
4.1.2. Faktor Sekunder.....	77

4.2. Tata Letak Pabrik.....	79
4.3. Tata Letak Alat Proses	84
4.4. Organisasi Perusahaan.....	87
4.4.1. Bentuk Perusahaan	87
4.4.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	88
4.4.3. Tugas dan Wewenang	89
4.4.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	93
4.4.5. Jumlah dan Gaji Karyawan	96
4.4.6. Hak dan Fasilitas Karyawan.....	100
BAB V.....	104
UTILITAS	104
5.1. Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air	104
5.1.1. Unit Penyediaan Air	104
5.2. Unit Pengolahan Air	107
5.3. Kebutuhan Air	112
5.4. Total Kebutuhan Air	114
5.5. Unit Pembangkit Steam.....	116
5.6. Unit Pembangkit Listrik	116
5.7. Unit Penyedia Udara Tekan.....	118
5.8. Unit Penyedia Bahan Bakar	118
5.9. Unit Pengolahan Limbah.....	119
5.10 Spesifikasi Alat Utilitas	119
BAB VI	126
EVALUASI EKONOMI	126
6.1. Penaksiran Harga Peralatan	127
6.2. Dasar Perhitungan	130
6.3. Perhitungan Biaya	131
6.3.1. Capital Investment.....	131
6.3.2. Manufacturing Cost	133
6.3.3. General Expense	136
6.4. Analisa Resiko.....	138
6.4.1. Kondisi operasi.....	138

6.4.2. Karakteristik bahan baku dan produk.....	138
6.4.3. Sumber bahan baku	139
6.5. Analisa Keuntungan	140
6.6. Analisa Kelayakan.....	140
6.5.1. Return On Investment (ROI).....	140
6.5.2. Pay Out Time	141
6.5.3. Break Even Point	142
6.5.4. Shut Down Point (SDP).....	144
6.5.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR).....	145
BAB VII.....	150
KESIMPULAN DAN SARAN.....	150
7.1. Kesimpulan.....	150
7.2. Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA	152
Lampiran A	
Lampiran B	
Lampiran C	
Lampiran D	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Produksi Anilin di Dunia	3
Tabel 1. 2 Data Produksi Anilin di Indonesia	4
Tabel 1. 3 Data Impor Anilin di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Data % Pertumbuhan	6
Tabel 1. 5 Data Proyeksi Impor Anilin di Indonesia sampai tahun 2030	7
Tabel 1. 6 Data Produksi Diphenylamine.....	8
Tabel 1. 7 Data Produksi Ban	9
Tabel 1. 8 Ketersediaan Bahan Baku Nitrobenzene	10
Tabel 1. 9 Ketersediaan Bahan Baku Hidrogen.....	10
Tabel 1. 10 Data Demand dan Supply pada 2030	11
Tabel 1. 11 Penentuan Kapasitas Pabrik	11
Tabel 1. 12 Perbandingan Proses	19
Tabel 1. 13 Data Entalpi Reaksi	22
Tabel 1. 14 Data ΔG° masing-masing komponen	23
Tabel 1. 15 Data ΔS° masing-masing komponen.....	24
Tabel 2. 1 Komposisi Bahan Baku dan Produk.....	26
Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk.....	26
Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	27
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor.....	36
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Separator	38
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi	38
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Tangki.....	40
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Akumulator.....	42
Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Pompa.....	43
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Kompresor.....	45
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Kondensor Parsial	46
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Kondensor II	47
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Kondensor III	48
Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Heater I.....	50
Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Heater II	51
Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Heater III	52
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Cooler I	54
Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Cooler II	55
Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Cooler III.....	56
Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Cooler IV.....	58
Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Reboiler I.....	59
Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat Reboiler II	60
Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat Vaporizer	62

Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor.....	63
Tabel 3. 22 Neraca Massa Kondensor Parsial.....	64
Tabel 3. 23 Neraca Massa Separator I.....	64
Tabel 3. 24 Neraca Massa Separator II.....	65
Tabel 3. 25 Neraca Massa Menara Distilasi I.....	65
Tabel 3. 26 Neraca Massa Menara Distilasi II.....	66
Tabel 3. 27 Neraca Panas Reaktor.....	66
Tabel 3. 28 Neraca Panas WHB.....	67
Tabel 3. 29 Neraca Panas Kondensor Parsial.....	67
Tabel 3. 30 Neraca Panas Kondensor Total I.....	68
Tabel 3. 31 Neraca Panas Kondensor Total II.....	68
Tabel 3. 32 Neraca Panas Reboiler I.....	69
Tabel 3. 33 Neraca Panas Reboiler II.....	69
Tabel 3. 34 Neraca Panas Heater I.....	70
Tabel 3. 35 Neraca Panas Heater II.....	70
Tabel 3. 36 Neraca Panas Heater III.....	70
Tabel 3. 37 Neraca Panas Cooler I.....	71
Tabel 3. 38 Neraca Panas Cooler II.....	71
Tabel 3. 39 Neraca Panas Cooler III.....	72
Tabel 3. 40 Neraca Panas Cooler IV.....	72
Tabel 3. 41 Neraca Panas Vaporizer.....	73
Tabel 3. 42 Neraca Panas Menara Distilasi I.....	73
Tabel 3. 43 Neraca Panas Menara Distilasi II.....	74
Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	82
Tabel 4. 2 Pembagian Jam Kerja Non-Shift.....	94
Tabel 4. 3 Pembagian Jam Kerja Shift.....	94
Tabel 4. 4 Pembagian Jadwal Shift.....	95
Tabel 4. 5 Penggolongan Jabatan, Jumlah, dan Gaji Karyawan.....	96
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin.....	112
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Steam.....	113
Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik.....	117
Tabel 5. 4 Spesifikasi Pompa Utilitas.....	119
Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak Utilitas.....	122
Tabel 5. 6 Spesifikasi Tangki Utilitas.....	123
Tabel 5. 7 Spesifikasi Sand Filter.....	125
Tabel 6. 1 Indeks Harga Per Tahun.....	127
Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC).....	131
Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC).....	132
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment.....	132
Tabel 6. 5 Working Capital.....	133
Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost.....	134

Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost	135
Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost.....	135
Tabel 6. 9 Manufacturing Cost.....	136
Tabel 6. 10 General Expense.....	137
Tabel 6. 11 Production Cost	137
Tabel 6. 12 Analisa Keuangan.....	140
Tabel 6. 13 Total Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	143
Tabel 6. 14 Total Annual Regulated Expenses (Ra)	143
Tabel 6. 15 Total Annual Variable Value (Va)	144
Tabel 6. 16 Total Annual Sales Value (Sa)	144
Tabel 6. 17 Analisa Kalayakan.....	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Anilin di Indonesia	5
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	33
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Anilin	75
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik.....	83
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	86
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	89
Gambar 6. 1 Grafik Index vs Tahun.....	129
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	148

ABSTRAK

Anilin merupakan salah satu bahan kimia yang saat ini banyak dimanfaatkan dalam bidang industri. Selain sektor industri kimia, anilin juga berperan penting dalam sektor lain seperti pertanian dan farmasi. Didirikannya pabrik anilin menjadi salah satu langkah strategis untuk meningkatkan pendapatan negara dan mengurangi ketergantungan impor. Pra-rancangan pabrik anilin dengan kapasitas 21.000 ton/tahun ini direncanakan akan dibangun di Kecamatan Jeru, Kabupaten Tuban, Jawa Timur, di atas lahan sebesar 53.136 m². Pabrik ini akan beroperasi pada tahun 2030 dengan 330 hari kerja dalam satu tahun. Bahan baku yang digunakan adalah nitrobenzene dengan proses hidrogenasi. Proses hidrogenasi nitrobenzene menjadi anilin dilakukan dengan reaktor *fixed bed* dengan sistem fase uap. Nitrobenzene dialirkan ke dalam vaporizer untuk proses penguapan. Selanjutnya, uap nitrobenzene bersama dengan hidrogen dimasukkan ke dalam reaktor *fixed bed* yang mengandung katalis tembaga. Reaksi berlangsung pada tekanan 3 atm dan suhu 250°C. Proses hidrogenasi nitrobenzene fase uap dipilih karena memiliki beberapa keunggulan seperti proses yang lebih sederhana, menghasilkan yield yang lebih tinggi yaitu sebesar 98%, serta bahan yang digunakan lebih sedikit dan lebih ekonomis. Bahan baku yang diperlukan adalah hidrogen sebesar 362,923 kg/jam, nitrobenzena 3.719,9613 kg/jam, benzena 3,7237 kg/jam, dan produk utama anilin sebesar 2.651,51 kg/jam. Kebutuhan utilitas air pendingin sebesar 209.795,1 kg/jam dan air pembuat steam sebesar 6.308,979 kg/jam. Kebutuhan pasokan listrik 7.545,7 kW, udara tekanan 2m³/jam, kebutuhan bahan bakar boiler menggunakan fuel oil sebesar 433,53 liter/jam, bahan bakar generator menggunakan solar sebesar 11.944,81 liter/tahun. Kelayakan pendirian pabrik kimia di Indonesia memiliki beberapa parameter yang telah diperhitungkan. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi dan sifat-sifat bahan baku yang terlibat di dalam operasi, maka pabrik anilin ini tergolong sebagai pabrik beresiko rendah (*low risk*). Analisa ekonomi pabrik anilin menunjukkan jumlah *Fixed Capital Investment* sebesar Rp. 905.134.058.000,-, jumlah *Working Capital* sebesar Rp. 230.067.746.000,- dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 863.228.588.000,- dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 673.318.299.000,-. Nilai *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 25% dan *Return On Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 19%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2.9 tahun dan *Pay Out Time* (POT) setelah pajak 3.4 tahun. *Break Even Point* (BEP) pada 44,9% dan *Shut Down Point* (SDP) pada 18,49%. Berdasarkan Analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik anilin ini layak didirikan.

Kata kunci: Analisa Kelayakan Pabrik, Anilin, Benzene, Hidrogenasi, Nitrobenzene.

ABSTRACT

Aniline is one of the chemical substances that is currently widely used in the industrial sector. In addition to the chemical industry, aniline also plays an important role in other sectors such as agriculture and pharmaceuticals. The establishment of an aniline plant is a strategic step to increase national income and reduce dependence on imports. The preliminary design of an aniline plant with a capacity of 21,000 tons per year is planned to be built in Jeru District, Tuban Regency, East Java, on a land area of 53,136 m². The plant is scheduled to operate in 2030 with 330 operating days per year. The raw material used is nitrobenzene, which is processed through a hydrogenation process. The hydrogenation of nitrobenzene to aniline is carried out in a fixed-bed reactor using a vapor-phase system. Nitrobenzene is first fed into a vaporizer for evaporation. Subsequently, the nitrobenzene vapor together with hydrogen is introduced into the fixed-bed reactor containing a copper catalyst. The reaction takes place at a pressure of 3 atm and a temperature of 250°C. The vapor-phase hydrogenation process of nitrobenzene is selected because it offers several advantages, such as a simpler process, a higher yield of 98%, and lower material consumption, making it more economical. The required raw materials include hydrogen at 362.923 kg/hour, nitrobenzene at 3,719.9613 kg/hour, benzene at 3.7237 kg/hour, and the main product aniline at 2,651.51 kg/hour. The utility requirements consist of cooling water at 209,795.1 kg/hour and boiler feed water for steam generation at 6,308.979 kg/hour. The electricity demand is 7,545.7 kW, compressed air demand is 2 m³/hour, boiler fuel consumption using fuel oil is 433.53 liters/hour, and generator fuel consumption using diesel oil is 11,944.81 liters/year. The feasibility of establishing a chemical plant in Indonesia is evaluated based on several calculated parameters. Based on a review of operating conditions and the properties of the raw materials involved, the aniline plant is classified as a low-risk plant. The economic analysis of the aniline plant shows a Fixed Capital Investment of IDR 905,134,058,000, Working Capital of IDR 230,067,746,000, profit before tax of IDR 863,228,588,000, and profit after tax of IDR 673,318,299,000. The Return on Investment (ROI) before tax is 25%, while the ROI after tax is 19%. The Pay Out Time (POT) before tax is 2.9 years and after tax is 3.4 years. The Break Even Point (BEP) is 44.9% and the Shut Down Point (SDP) is 18.49%. Based on this economic analysis, it can be concluded that the aniline plant is feasible to be established.

Keywords: *Plant Feasibility Analysis, Aniline, Benzene, Hydrogenation, Nitrobenzene.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia termasuk negara yang masih berkembang, terutama dalam hal kemajuan sektor industri. Industri kimia merupakan salah satu industri yang memiliki peran penting dalam pembangunan nasional. Perkembangan industri kimia di Indonesia menunjukkan peningkatan yang stabil setiap tahunnya dari segi kualitas maupun kuantitas. Seiring dengan pertumbuhan tersebut, permintaan akan bahan baku untuk industri kimia turut mengalami peningkatan yang signifikan. Salah satu bahan kimia yang saat ini banyak dimanfaatkan dalam industri tersebut adalah anilin.

Anilin merupakan senyawa yang terdiri dari gugus fenil yang terikat pada gugus amino. Anilin berbentuk cairan yang tidak berwarna, berminyak dan memiliki bau khas, serta bersifat sedikit larut dalam air, mudah terbakar dan mudah menguap. Anilin dengan rumus kimia $C_6H_5NH_2$ merupakan senyawa aromatik organik. Selain itu, anilin juga berperan sebagai senyawa intermediat yang digunakan dalam produksi *Methyl Diphenylene Isocyanate* (MDI), yang merupakan bahan dasar dalam pembuatan urethane (Mannsville, 1992).

Anilin berperan sebagai bahan baku dalam produksi pewarna tekstil dan produksi karet. Selain aplikasinya dalam industri kimia, anilin juga memiliki peran penting pada sektor industri lain seperti pertanian dan

farmasi. Meskipun demikian, ketersediaan bahan baku anilin di Indonesia masih sangat terbatas, sehingga besar kebutuhan anilin harus dipenuhi melalui impor dari negara lain. Oleh karena itu, dengan didirikannya pabrik anilin di Indonesia menjadi suatu langkah strategis yang bermanfaat. Selain dapat mengurangi ketergantungan pada impor, pendirian pabrik anilin di Indonesia juga dapat meningkatkan pendapatan negara serta meningkatkan pengembangan sumber daya manusia melalui penciptaan lapangan pekerjaan baru.

Dalam proses pembuatan anilin, bahan baku utama yang digunakan adalah nitrobenzene. Namun, dalam proses pembuatan anilin dengan nitrobenzene tersebut belum dapat mencapai kemurniaan 100%. Hal ini dapat mempengaruhi produksi anilin yang dihasilkan. Maka, dilakukan penambahan bahan baku tambahan yaitu benzene guna meningkatkan kemurnian bahan baku secara keseluruhan sehingga proses nitrobenzene menjadi anilin dapat menghasilkan produk dengan kemurniaan mencapai 100%. Nitrobenzene merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $C_6H_5NO_2$. Nitrobenzene berbentuk cairan minyak yang berwarna kuning pucat, serta bersifat tidak larut dalam air dan beracun. Sedangkan benzene merupakan senyawa organik dengan rumus kimia C_6H_6 . Benzene berbentuk cairan tak berwarna yang mudah menguap dengan bau manis khas, serta bersifat tidak larut dalam air dan mudah terbakar.

1.2. Kapasitas Pabrik

1.2.1. Data Produksi Anilin di Dunia

Tabel 1. 1 Data Produksi Anilin di Dunia

No	Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
1	Jilin Connell Chemical Industry Co., Ltd	180.000,00
2	NCPL (Narmada Chematur Petrochemicals Ltd.)	400,00
3	Aristech Chemical Corporation	91.000,00
4	Mobay, New Martinsville, W. Va	18.000,00
5	Du Pont, Beaumont, Tex	113.000,00

(GMDU.net, 2019)

1.2.2. Data Produksi Anilin di Indonesia

Indonesia mempunyai 8 pabrik industri yang memproduksi anilin yang saat ini telah beroperasi secara aktif. Pabrik-pabrik tersebut antara lain adalah PT. Panarub Industri, PT. Pelita Tomangmas, PT. Internasional Paint Indonesia, PT. Colorindo Aneka Chemicals, PT. Young Tree Industries, PT. Multi Kimia Inti Pelangi, PT. Bozzelto Indonesia, dan PT. Sinar Syno Kimia. Data kapasitas produksi anilin di Indonesia disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. 2 Data Produksi Anilin di Indonesia

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Panarub Industri	Tangerang, Banten	187,7
2	PT. Pelita Tomangmas	Karanganyar, Jawa Tengah	119,603
3	PT. Internasional Paint Indonesia	Bekasi, Jawa Barat	7,48
4	PT. Colorindo Aneka Chemicals	Serang, Banten	10
5	PT. Young Tree Industries	Sidoarjo, Jawa Timur	243,694
6	PT. Multi Kimia Inti Pelangi	Bekasi, Jawa Barat	1,168
7	PT. Bozzetto Indonesia	Bandung, Jawa Barat	20
8	PT. Sinar Syno Kimia	Bekasi, Jawa Barat	23

(Eksportgenius.in, 2020)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kapasitas terpasang komersial minimal berada pada angka 10 ton/tahun. Sedangkan untuk kapasitas terpasang komersial maksimal berada pada angka 243,694 ton/tahun.

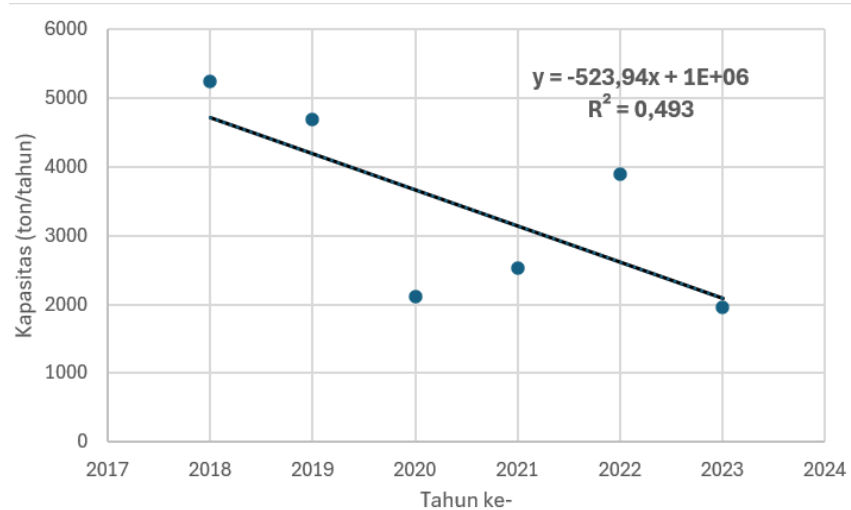
1.2.3. Data Impor Anilin

Data impor yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia dari tahun 2018 hingga 2023 menggambarkan bahwa perkembangan impor anilin di Indonesia bersifat naik turun atau fluktuatif. Data impor anilin di Indonesia disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. 3 Data Impor Anilin di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (ton)
1	2018	5.232,72
2	2019	4.683,68
3	2020	2.120,11
4	2021	2.529,06
5	2022	3.899,93
6	2023	1.953,63

(Badan Pusat Statistika, 2024)



Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Anilin di Indonesia

Dari grafik di atas didapatkan nilai R^2 sebesar 0,493, dan nilai tersebut belum dapat digunakan untuk perhitungan proyeksi impor. Maka dari itu, dilakukan perhitungan % pertumbuhan agar nilai proyeksi impor dapat ditentukan. Nilai % pertumbuhan dapat dihitung dengan cara :

$$\% \text{ Pertumbuhan} = \frac{\text{data impor tahun baru} - \text{data impor tahun sebelumnya}}{\text{data impor tahun sebelumnya}} \quad [1.1]$$

Hasil perhitungan % pertumbuhan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 4 Data % Pertumbuhan

No	Tahun	Kapasitas (ton)	% pertumbuhan
1	2018	5.232,72	0%
2	2019	4.683,68	-10,49%
3	2020	2.120,11	-54,73%
4	2021	2.529,06	19,289%
5	2022	3.899,93	54,205%
6	2023	1.953,63	-49,91%
Rata-rata			-6,94%

Perhitungan % pertumbuhan memperoleh hasil rata-rata sebesar -6,94%, maka proyeksi impor dapat ditentukan dengan cara :

$$\text{Proyeksi impor} = \text{massa tahun sebelumnya} + (\text{rata} - \text{rata \% pertumbuhan} \times \text{massa tahun sebelumnya}) \quad [1.2]$$

Hasil perhitungan proyeksi impor dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 5 Data Proyeksi Impor Anilin di Indonesia sampai tahun 2030

No	Tahun	Kapasitas (ton)
1	2024	1.818,05
2	2025	1.691,88
3	2026	1.574,47
4	2027	1.465,21
5	2028	1.363,52
6	2029	1.268,90
7	2030	1.180,84

Dari tabel diatas diperoleh hasil proyeksi impor anilin di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 1.180,84 ton.

1.2.4. Data Ekspor Anilin

Data ekspor sama dengan nol, disebabkan produksi anilin di Indonesia hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri.

1.2.5. Data Konsumsi Anilin

Penggunaan anilin dibutuhkan di sebagian besar industri di dalam negeri maupun luar negeri, salah satunya seperti pada industri *diphenylamine* dan pada industri ban. Data kapasitas produksi *diphenylamine* dan ban disajikan pada tabel-tabel berikut :

Tabel 1. 6 Data Produksi Diphenylamine

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton)
1	Jiangsu Feiya Chemical Industry Co. Ltd.	China	30.000,00
2	Sigma-Aldrich	Canada	46.000,00
3	KH Boddin GmbH	Germany	65.000,00
4	Jinan Haohua Industry Co., Ltd.	China	55.000,00
5	Hangzhou J&H Chemical Co., Ltd.	China	105.000,00
6	Aristech Chemical Corp.,	US	120.000,00
7	Uniroyal Chemical Co.	US	115.000,00
Total			536.000,00

(ICIS, 2013)

Dari tabel diatas diperoleh total kapasitas produksi *diphenylamine* sebesar 536.000 ton. Produk *diphenylamine* menggunakan anilin sebagai bahan baku utama, oleh sebab itu total hasil kapasitas yang telah diperoleh tadi akan dikalikan 70%. Perhitungan 70% ini didasarkan oleh banyaknya penggunaan anilin untuk pembuatan *diphenylamine*. Sehingga hasil kapasitas produksi *diphenylamine* sebesar 375.200 ton.

Tabel 1. 7 Data Produksi Ban

No	Produk	Jumlah (pcs)	Massa (kg)	Kapasitas (ton)
1	Ban sepeda motor M1	2.484.000,00	8,00	19.872,00
2	Ban truk ringan	99.500,00	25,00	2.487,50
3	Ban sepeda B1	20.700.000,00	5,00	103.500,00
4	Ban dalam	34.983.000,00	4,00	139.932,00
Total				265.791,50

(Kemenperin RI, 2024)

Dari tabel diatas diperoleh total kapasitas produksi ban sebesar 265.791,50 ton. Anilin pada pembuatan produk ban hanya sebagai bahan tambahan, oleh sebab itu total hasil kapasitas yang telah diperoleh tadi hanya dikalikan 10%. Perhitungan 10% ini didasarkan oleh banyaknya penggunaan anilin untuk pembuatan ban. Sehingga hasil kapasitas produksi ban sebesar 26.579,15 ton.

1.2.6. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor penting dalam pelaksanaan pendirian pabrik. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan anilin ialah nitrobenzene dan hidrogen. Nitrobenzene, sebagai bahan baku utama dalam pembuatan anilin,

diperoleh melalui proses impor dari berbagai negara. Sedangkan bahan baku hidrogen diperoleh dari industri dalam negeri. Ketersediaan bahan baku nitrobenzene dan hidrogen dari berbagai industri disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1. 8 Ketersediaan Bahan Baku Nitrobenzene

No	Pabrik	Kapasitas (ton)
1	BASF SE, Germany	400.000
2	Du Pont, US	380.000
3	Rubicon, US	1.140.000
4	Wanhua, China	240.000
5	First Chemical, US	500.000
Total		2.660.000

(BASF 2018, Wanhua 2020, ChemBlink.com)

Tabel 1. 9 Ketersediaan Bahan Baku Hidrogen

No	Pabrik	Kapasitas (ton)
1	PT. Samator Gresik, Jawa Timur	96.960
2	PT. BOC Gas, Jawa Barat	48.480
3	PT. Air Liquid, Jawa Barat	218.176
4	PT. Sarimitra Jaya, Jakarta	15.000
5	PT. Aneka Gas Industri, Jakarta	25.000
Total		403.616

(Safitriani et al., 2025)

1.2.7. Kapasitas Perancangan

Tabel 1. 10 Data Demand dan Supply pada 2030

Proyeksi Ekspor 2030	0	ton
Proyeksi Konsumsi	401.779	ton
Total Demand 2030	401.779	ton
Proyeksi Impor 2030	1.181	ton
Proyeksi Produksi 2030	364.518	ton
Total Supply 2030	365.699	ton

Pada tabel diatas terlihat hasil dari total demand dan total supply pada tahun 2030, hasil tersebut diperoleh dengan cara berikut :

$$\text{Total demand} = \text{proyeksi ekspor} + \text{proyeksi konsumsi} \quad [1.3]$$

$$\text{Total supply} = \text{proyeksi impor} + \text{proyeksi produksi} \quad [1.4]$$

Maka, diperoleh total demand pada tahun 2030 sebesar 401.779 ton, sedangkan total supply yang diperoleh pada tahun 2030 sebesar 365.699 ton.

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply} \quad [1.5]$$

$$\text{Peluang} = (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

$$\text{Peluang} = (401.779 \text{ ton/tahun}) - (365.699 \text{ ton/tahun})$$

$$\text{Peluang} = 36.080 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1. 11 Penentuan Kapasitas Pabrik

Proyeksi Kebutuhan	36.080	ton	
Anilin 2030			

Ketersediaan Bahan Baku Nitrobenzene	240.000	ton	Impor dari China
Ketersediaan Bahan Baku Hidrogen	96.960	ton	Dari PT. Samator Gresik, Jawa timur
Kapasitas Terpasang Komersial			
Minimal	10	ton	
Maksimal	243.694	ton	
Kesimpulan	Minimal	Maksimal	Kapasitas Pabrik
	10	36.080	21.000

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa minimal kebutuhan anilin yang dapat digunakan hanya sebesar 10 ton/tahun, sedangkan maksimal kebutuhan anilin yang dapat digunakan sebesar 36.080 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik anilin akan ditetapkan sebesar 21.000 ton/tahun, yang ditentukan dari 60% nilai maksimum penggunaan anilin yang tersedia. Pemilihan kapasitas ini didasari oleh beberapa hal diantaranya untuk mencukupi kebutuhan anilin di dalam negeri, mempertimbangkan kapasitas produsen anilin yang sudah ada dan kapasitas yang dipilih masih dalam rentang kapasitas terpasang yang layak, agar tidak terjadi berlebihan produksi sehingga tidak perlu mengharuskan untuk ekspor ke luar negeri, fokus penjualan dalam negeri sehingga dapat meningkatkan

perekonomian di Indonesia, dapat membuka lapangan pekerjaan baru sehingga menurunkan angka pengangguran, serta mengurangi ketergantungan impor ke negara lain.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Anilin

Anilin adalah salah satu senyawa organik dengan rumus kimia $C_6H_5NH_2$ dan tergolong ke dalam jenis senyawa organik aromatik. Anilin memiliki bentuk cairan yang tidak berwarna dengan tekstur seperti minyak pada suhu kamar. Anilin memiliki karakteristik antara lain beracun jika terkena kulit, beracun jika tertelan, menyebabkan kerusakan-kerusakan pada organ melalui paparan yang cukup lama atau berulang-ulang, menyebabkan reaksi alergi pada kulit, dan sangat beracun bagi makhluk hidup perairan. Anilin menjadi salah satu bahan industri yang banyak digunakan terutama pada industri tekstil. Anilin terlepas ke lingkungan terutama karena penggunaannya dalam industri pewarna, pestisida, dan farmasi.

Senyawa turunan anilin antara lain adalah senyawa anilin terhalogenasi, dimana beberapa senyawa anilin terhalogenasi memiliki sifat racun terhadap syaraf (Okazaki et al., 2003). Anilin biasanya banyak digunakan dalam pembuatan polimer, karet, bahan kimia untuk bidang pertanian, pewarna, obat-obatan, dan bahan kimia fotografi (Amini & Lowenkron, 2003).

1.3.2. Nitrobenzene

Nitrobenzena memiliki rumus kimia $C_6H_5NO_2$, selain dikenal sebagai nitrobenzena senyawa ini memiliki banyak nama lain seperti nitrobenzide, *nitrobenzol*, *mononitrobenzol*, *solvent black 6*, *essence of mirbane*, *essence of myrbane*, *myrbane oil*, *oil of mirbane*, *oil of myrbane*, *nigrosine spirit soluble B* atau nama lain yang lebih dikenal adalah minyak nitro benzol mirban. Nitrobenzena merupakan cairan berwarna kuning pucat yang memiliki bau menyerupai almond. Tergantung pada kemurniannya, warna nitrobenzena bervariasi, mulai dari kuning pucat sampai coklat kekuningan (Dugal, 2005).

Nitrobenzena biasa digunakan untuk industri anilin dan industri farmasi sebagai bahan baku, bahan peledak, peptisida obat dan sebagai pelarut pada industri cat, sepatu, juga lantai. Senyawa ini merupakan hasil nitrasi senyawa aromatik, yaitu benzena dengan asam penitrasi yang berasal dari asam campuran antara asam nitrat dan asam sulfat maupun asam nitrat saja. Selain itu, senyawa ini memiliki sifat yang beracun, sehingga sangat berbahaya jika cairan ini terhisap dan terkena kulit (Othmer & Kirk, 1991).

1.3.3. Benzene

Benzena, yang juga dikenal sebagai Bezol, merupakan cairan tak berwarna dengan bau manis. Benzena mempunyai sifat sangat cepat menguap ke udara, sedikit larut dalam air, dan mudah terbakar. Benzena ditemukan di air, tanah, dan udara. Benzena pertama kali ditemukan dan diisolasi pada tahun 1800-an. Saat ini, sebagian besar

benzena dibuat dari minyak bumi. Karena penggunaannya yang sangat luas, di Amerika Serikat, benzena menempatkan urutan ke-20 dalam volume produksi bahan kimia (ATSDR, 2007).

Dalam penggunaan industri, benzena biasa digunakan untuk membuat bahan kimia lain seperti stirena yaitu bahan untuk membuat styrofoam, kumena untuk bahan resin, dan sikloheksana untuk nilon dan serat sintetis. Benzena juga digunakan untuk pembuatan beberapa jenis karet, pelumas, pewarna, deterjen, obat-obatan, dan pestisida. Benzena umumnya ditemukan di lingkungan. Proses industri menjadi sumber utama pembentukan benzena di lingkungan. Kadar benzena di udara dapat meningkat akibat emisi dari pembakaran batu bara dan minyak, limbah, asap kendaraan bermotor, dan asap rokok (ATSDR, 2007).

1.3.4. Hidrogen

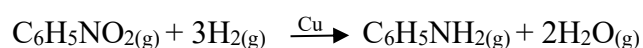
Hidrogen adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia (Neni, M. 2008). Hidrogen ditemukan oleh Cavendish pada 1781. Hidrogen di atmosfer bumi tidak terdapat pada unsur bebas karena massa molekul yang rendah, namun dalam bentuk berbagai senyawa terutama air (House and House, 2016).

Hidrogen dianggap sebagai pembawa energi yang merupakan sarana untuk menyimpan dan mentransmisikan energi yang berasal dari sumber energi primer. Beberapa hal yang membuat hidrogen menarik untuk dikembangkan adalah banyaknya energi yang dilepaskan ketika hidrogen terbakar dan produk pembakarannya sebagian besar mengandung air sehingga tidak menimbulkan masalah lingkungan. Selain itu, hidrogen dapat diproduksi dari bahan baku air yang jumlahnya tersedia cukup banyak di alam. Proses memperoleh hidrogen dengan memisahkan molekul H₂O dalam jumlah besar namun ekonomis menjadi tantangan sendiri dalam pengembangan hidrogen (House and House, 2016).

1.4. Pemilihan Proses

1.4.1. Proses Hidrogenasi Fase Uap

Reaksi kimia :

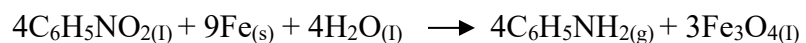


Proses hidrogenasi nitrobenzene menjadi anilin dilakukan dengan reaktor fixed bed dengan sistem fase uap. Katalis yang digunakan pada tahap hidrogenasi nitrobenzene fase uap adalah katalis berbasis tembaga. Pada tahap awal, nitrobenzene dialirkan ke dalam vaporizer untuk proses penguapan. Selanjutnya, uap nitrobenzene bersama dengan hidrogen dimasukkan ke dalam reaktor fixed bed yang mengandung katalis tembaga. Reaksi berlangsung pada tekanan antara 1 hingga 7 atm dan suhu operasi

sekitar 200-300°C. Perbandingan nitrobenzene terhadap hidrogen total yang digunakan adalah sekitar 1:100. Setelah proses reaksi dalam reaktor selesai, gas produk dialirkan ke kondensor untuk proses pendinginan dan kondensasi, kemudian dialirkan ke separator untuk proses pemisahan. Hidrogen berlebih yang masih ada akan di recycle ke reaktor. Lapisan atas yang berupa campuran air dan anilin akan dipompa ke kolom ekstraksi, sedangkan lapisan bawah yang berupa anilin mentah dengan kadar nitrobenzene kurang dari 0,5% nitrobenzene dan kadar air sekitar 5% akan dimurnikan melalui proses distilasi. Proses hidrogenasi nitrobenzene fase uap menghasilkan yield sebesar 98% (Faith et al.,1957).

1.4.2. Proses Reduksi Nitrobenzene

Reaksi kimia :

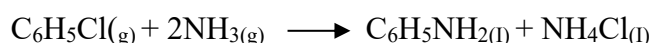


Proses reduksi nitrobenzene menjadi anilin dilakukan dengan menggunakan bahan baku nitrobenzene, logam besi, dan katalis berupa larutan asam klorida. Reaksi berlangsung dalam reaktor yang dilengkapi dengan jaket pemanas dan kondensor refluks yang efisien pada suhu hingga 200°C. Tahap awal melibatkan penambahan serbuk besi, air, dan larutan asam klorida secara bertahap ke dalam nitrobenzene, pada umumnya ditambahkan sekitar 10-20% dari total besi. Campuran tersebut kemudian dipanaskan menggunakan uap hingga 200°C. Air yang digunakan berasal dari air-anilin dari hasil

pemisahan, kemudian ditambahkan ke dalam reaktor bersama dengan 30% larutan asam klorida sebagai katalis. Setelah reaksi selesai, hasil reaksi akan melewati beberapa tahap pemisahan meliputi distilasi uap, distilasi vakum, filtrasi, dan sentrifugasi. Campuran air-anilin dialirkan ke dalam separator, menghasilkan lapisan atas yang masih mengandung 3-5% anilin dan lapisan bawah berupa anilin. Lapisan atas akan didistilasi untuk menurunkan kadar anilin. Residu air-anilin akan di recycle ke reaktor untuk proses selanjutnya, sedangkan anilin dalam distilat akan dipisahkan menggunakan decanter. Selanjutnya, anilin dari separator dan decanter akan dimurnikan melalui distilasi vakum untuk memperoleh anilin murni. Proses reduksi nitrobenzene menghasilkan yield sebesar 90-95% (Faith et al., 1957).

1.4.3. Proses Ammonolisis Klorobenzene

Reaksi kimia :



Proses ammonolisis klorobenzene menjadi anilin dilakukan dengan mereaksikan klorobenzena dengan ammonia dengan tekanan 51-58 atm dan suhu antara 210-220°C. Katalis berupa tembaga oksida yang digunakan untuk mempercepat reaksi tersebut. Penggunaan larutan ammonia dalam jumlah berlebih dilakukan untuk meminimalkan terbentuknya produk samping berupa fenol. Rasio reaktan yang digunakan menghasilkan laju pembentukan

anilin yang kira-kira 20 kali lebih tinggi dibandingkan dengan laju pembentukan fenol sebagai produk samping. Setelah reaksi selesai, hasil reaksi didinginkan hingga mencapai suhu 100 °C dan kemudian dialirkan ke dalam separator. Pada tahap ini terbentuk dua lapisan, di mana lapisan atas dialirkan ke netralizer untuk dinetralkan menggunakan natrium hidroksida, sedangkan lapisan bawah yang mengandung anilin dan air akan dipisahkan melalui proses dekantasi. Anilin pada lapisan bawah ini selanjutnya dinetralkan menggunakan natrium hidroksida 50%. Campuran tersebut kemudian didistilasi, menghasilkan anilin murni dengan kemurniaan sekitar 97-99% dan residu hasil distilasi berupa diphenylamine. Secara keseluruhan, proses ammonolisis klorobenzene menghasilkan yield sebesar 96% (Faith et al., 1957).

1.4.4. Perbandingan Proses

Diperlukan pertimbangan dalam menentukan proses yang akan digunakan. Pertimbangan tersebut ditentukan dengan melakukan perbandingan diantara ketiga proses diatas yang akan diuraikan pada tabel berikut :

Tabel 1. 12 Perbandingan Proses

No	Parameter	Jenis Proses		
		Hidrogenasi	Reduksi	Ammonolisis
		Nitrobenzene	Nitrobenzene	Klorobenzene
		Fase Uap		

1	Bahan utama	Nitrobenzene dan H ₂	Nitrobenzene	Klorobenzene dan NH ₃
2	Katalis	Cu	HCl 30%	Cu ₂ O
3	Suhu (°C)	200-300	200	210-220
4	Tekanan (atm)	1-7	12	51-58
5	Yield (%)	98	90-95	96
6	Kemurnian (%)	98	95	96
7	Konversi (%)	95	99	15-30

(Faith et al., 1957)

Berdasarkan hasil perbandingan yang telah diuraikan diatas, proses hidrogenasi nitrobenzene fase uap dipilih sebagai proses yang terbaik. Proses hidrogenasi nitrobenzene fase uap mempunyai keunggulan dibandingkan dengan kedua proses lainnya, diantaranya :

- a. Menghasilkan yield yang lebih tinggi sebesar 98%
- b. Walaupun nilai konversi dari reduksi nitrobenzene lebih tinggi, tetapi proses hidrogenasi fase uap memiliki hasil yang lebih bagus, lebih bersih, aman bagi lingkungan, lebih ekonomis, operasi kontinyu, mudah di kontrol dan lebih aman secara operasional
- c. Menggunakan tekanan yang tidak terlalu tinggi sekitar 1-7 atm

- d. Proses lebih sederhana
- e. Bahan yang digunakan lebih sedikit dan lebih ekonomis
- f. Ketersediaan bahan baku yang mudah didapatkan

1.5. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.5.1. Tinjauan Kinetika

Secara umum dalam kinetika kimia, kecepatan reaksi cenderung meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini dapat dijelaskan melalui persamaan Arrhenius, sebagai berikut :

$$k = A \exp \frac{-E_a}{R.T} \quad [1.6]$$

Dimana,

k = Konstanta kecepatan reaksi

A = Faktor frekuensi tumbukan

E_a = Energi aktivasi

R = Konstanta gas ideal

T = Suhu

Persamaan untuk konstanta kecepatan reaksi (k) pada reaksi pembentukan anilin dari nitrobenzene dan hidrogen adalah sebagai berikut :

$$k = 4,104 \times 10^4 \times \exp \frac{-8240}{T} \quad [1.7]$$

Dimana,

k = Konstanta kecepatan reaksi

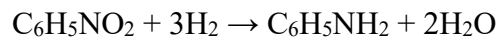
T = suhu operasi, K

Maka dari itu, reaksi pembentukan anilin dari nitrobenzene termasuk dalam kategori reaksi orde satu terhadap nitrobenzene (Rihani, 1965).

1.5.2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika dilakukan untuk menentukan apakah reaksi kimia bersifat eksotermis atau endotermis dengan cara menghitung panas pembentukan standar (ΔH_f°). Perhitungan ini dilakukan dengan data panas pembentukan standar dari reaktan dan produk.

Reaksi kimia :



1.5.2.1. Panas Reaksi

Data entalpi pembentukan standar diuraikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. 13 Data Entalpi Reaksi

Komponen	ΔH_f° (kJ / mol)
H ₂	0
H ₂ O	-241,80
C ₆ H ₅ NH ₂	86,86
C ₆ H ₅ NO ₂	67,60

(Yaws, 1999)

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan} \quad [1.8]$$

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H (\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}) - \Delta H (\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{H}_2)$$

$$\Delta H_r^\circ = (86.86 + (2 \times (-241.80))) - (67.60 + 0)$$

$$\Delta H_r^\circ = -464.34 \text{ kJ / mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai ΔH pada suhu standar menunjukkan nilai negatif, yang berarti reaksi tersebut bersifat eksotermis atau melepaskan panas. Dengan meningkatnya suhu operasi, maka konversi reaksi cenderung menurun. Sehingga diperlukan sistem pendinginan guna mempertahankan kondisi operasi yang optimal dan stabil.

1.5.2.2. Energi Bebas Gibbs

Perubahan energi gibbs dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Dimana,

ΔG° = energi bebas Gibbs standar suatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)

R = konstanta gas (R = 8.314 J. k⁻¹. mol⁻¹)

T = temperature (K)

K = konstanta kesetimbangan

Tabel 1. 14 Data ΔG_f° masing-masing komponen

Komponen	ΔG_f° (kJ / mol)
H ₂	0
H ₂ O	-228,60
C ₆ H ₅ NH ₂	166,69

C6H5NO2	158,00
---------	--------

(Yaws, 1999)

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \quad [1.9]$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ (\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}) - \Delta G^\circ (\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{H}_2)$$

$$\Delta G^\circ = (166.69 + (2 \times (-228.60))) - (158.00 + 0)$$

$$\Delta G^\circ = -448.51 \text{ kJ / mol}$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-RT} \quad [1.10]$$

$$\ln K = \frac{-448.51 \text{ kJ/mol}}{-8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$\ln K = 0,181028$$

Dari persamaan,

$$\ln \frac{K_{523,15}}{K_{298}} = \left(\frac{\Delta H_{R298 \text{ k}}}{R} \right) \left(\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298 \text{ k}}} \right) \quad [1.11]$$

$$\frac{\ln K_{523,15}}{0,181028} = \left(\frac{-464.34 \text{ kJ/mol}}{8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}} \right) \left(\frac{1}{523,15 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$K = 2,2 \times 10^6$$

Bedasarkan perhitungan diatas, nilai konstanta kesetimbangan pada suhu 250°C (523,15 K) menunjukkan nilai cukup besar. Maka reaksi pembentukan anilin dari hidrogenasi fase uap bersifat irreversible (reaksi satu arah) (Smith Van Ness, 1984).

ΔS dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta S = S \text{ produk} - S \text{ reaktan}$$

Dimana,

$$T = 250^\circ\text{C} = 523,15 \text{ K}$$

Tabel 1. 15 Data ΔS° masing-masing komponen

Komponen	ΔS° (J / mol.K)
H ₂	130,57
H ₂ O	188,72
C ₆ H ₅ NH ₂	319,16
C ₆ H ₅ NO ₂	359

(Yaws, 1999)

$$\Delta S_f = S_{f_{\text{produk}}} - S_{f_{\text{reaktan}}} \quad [1.12]$$

$$\Delta S_f = S_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}) - S_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{H}_2)$$

$$\Delta S_f = (319,16 + (2 \times 188,72)) - (359 + (3 \times 130,57))$$

$$\Delta S_f = -54,11 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta G = \Delta H_f - T\Delta S \quad [1.13]$$

$$\Delta G = (-464,44 \times 1000 \text{ J/mol}) - (523,15 \text{ K} (-54,11 \text{ J/mol.K}))$$

$$\Delta G = -436.132,354 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai ΔG menunjukkan hasil negatif atau $\Delta G < 0$, maka reaksi tersebut bersifat spontan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Komposisi Bahan Baku dan Produk

Keterangan	Komposisi
Bahan Baku	$C_6H_5NO_2$ 99,8%
	C_6H_6 (Impuritis) 0,2%
	H_2 100%
Produk	$C_6H_5NH_2$ 99,6%
	H_2O 0,4%

Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk		
Spesifikasi	Produk Utama	Produk Samping
Rumus molekul	$C_6H_5NH_2$	H_2O
Wujud	Cair	Cair
Berat molekul, g/mol	93.13	18,015
Titik didih, °C	184,5	99,75
Titik lebur, °C	-6,2	0,01
Suhu kritis, °C	426	373,99
Densitas, g/cm ³	1,022	1,004
Viskositas, cP	4,35	0,55

Tabel 2. 3 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung				
Spesifikasi	Bahan Baku			Bahan Pendukung
	Nitrobenzene	Benzene (Impuritis)	Hidrogen	Katalis Cu
Rumus molekul	$C_6H_5NO_2$	C_6H_6	H_2	Cu
Wujud	Cair	Cair	Gas	Padatan
Berat melekul, g/mol	123,11	78,11	2,016	63,55
Titik didih, °C	210	80,1	-252,87	2.565
Titik lebur, °C	5,7	5,5	-259	1.085
Suhu kritis, °C	445,85	289,01	-240	7.416,85
Densitas, g/cm ³	1,2	0,87	0,0000899	8,96
Viskositas, cP	1,8	0,65	0,0084	4

2.2. Sifat Kimia dan Identifikasi Bahaya Senyawa

2.2.1. Sifat Kimia

1. $C_6H_5NH_2$

- Cairan tidak bewarna yang akan menjadi gelap saat terpapar cahaya dan udara
- Anilin larut pada pelarut organik dan larut pada air dengan tingkat kelarutannya 3,5% pada suhu 25°C

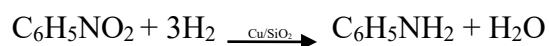
- c. Anilin merupakan basa lemah
- d. Hidrogenasi katalitik pada fase cair pada suhu 135-170°C dan tekanan 50-500 atm menghasilkan 80% *cyclohexylamine* (C₆H₁₁NH₂). Sedangkan hidrogenasi anilin pada fase uap dengan menggunakan katalis nikel menghasilkan 95% *dicyclohexylamine*
- e. Hidrogenasi anilin dengan menggunakan brom dalam larutan sangat encer menghasilkan 2,4,6 tribromoanilin
- f. Nitration anilin dengan asam nitrat pada suhu -2°C menghasilkan mononitroanilin dan nitration anilin dengan nitrogen oksida cair pada suhu 0°C menghasilkan 2,4 dinitrophenon

2. H₂O

- a. Bersifat polar
- b. Dapat bertindak sebagai asam maupun basa
- c. Air dapat berperan sebagai oksidator atau reduktor

3. C₆H₅NO₂

- a. Nitrobenzena larut pada pelarut organik dengan tingkat kelarutannya 0,19% pada suhu 20°C
- b. Reaksi pada nitrobenzene berupa reaksi substitusi pada cincin aromatic dan pada rantai nitro
- c. Reduksi nitrobenzena dengan pereduksi Cu dan SiO₂



4. C₆H₆

- a. Nonpolar, larut dalam pelarut organik, dan hamper tidak larut dalam air
- b. Stabilitas molekuler
- c. Kemampuan resonansi elektron
- d. Reaktivitas aromatik

5. H₂

- a. Hidrogen adalah atom yang sederhana namun memiliki energi ionisasi sekitar 1,314 kJ/mol dan kekuatan ikatan H-H dalam molekul diatomic adalah sekitar 435 kJ/mol
- b. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak bewarna, tidak berbau, bersifat non logam, bervalensi Tunggal dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar
- c. Laju reaksi pembentukan energi dari hidrogen pada suhu kamar sangat lambat, tetapi dapat dipercepat menggunakan katalis
- d. Hidrogen banyak digunakan dalam proses hidrogenasi. Hidrogen sangatlah larut dalam berbagai senyawa yang terdiri dari logam tanah dan logam transis, dan dapat dilarutkan dalam logam kristal maupun logam amorf. Kelarutan hidrogen dalam logam disebabkan oleh distorsi
- e. Proses reduksi senyawa organik menghasilkan anilin



6. Tembaga Cu

- a. Tembaga merupakan unsur yang relative tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi
- b. Tembaga mudah ditempa, lentur, dan merupakan konduktor listrik serta panas yang baik
- c. Tembaga dapat bereaksi dengan oksigen pada suhu 300°C , kemudian membentuk CuO yang berwarna kehitaman. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi yaitu 1000°C , tembaga akan bereaksi dengan oksigen dan membentuk tembaga oksida (Cu_2O) yang berwarna merah
- d. Tembaga tidak bereaksi dengan alkali tetapi dapat larut dalam amonia dengan adanya oksigen, sehingga akan membentuk larutan $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4$ yang berwarna biru
- e. Tembaga dalam keadaan panas dapat bereaksi dengan uap belerang serta halogen. Ketika bereaksi dengan belerang, tembaga akan membentuk tembaga (I) sulfida dan tembaga (II) sulfida. Sedangkan tembaga yang bereaksi dengan halogen akan membentuk tembaga (I) klorida. Sedangkan untuk klor, tembaga akan menghasilkan tembaga (II) klorida

2.2.2. Identifikasi Bahaya

1. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

- a. Beracun bila tertelan
- b. Beracun bila kontak dengan kulit
- c. Beracun bila terhirup

- d. Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit
 - e. Dapat menyebabkan cacat genetik
 - f. Dapat menyebabkan kanker
 - g. Dapat menyebabkan kerusakan pada organ melalui paparan yang lama atau berulang
 - h. Sangat beracun bagi kehidupan perairan dengan efek jangka panjang
2. H_2O
- a. Tidak beracun dan dapat digunakan untuk keperluan sehari-sehari seperti minum
3. $C_6H_5NO_2$
- a. Cairan yang mudah terbakar
 - b. Beracun bila tertelan
 - c. Beracun bila kontak dengan kulit, karena dapat menyebabkan alergi kulit seperti gatal dan ruam kulit
 - d. Beracun bila terhirup
 - e. Dapat menyebabkan kanker
 - f. Dapat merusak kesuburan
 - g. Dapat menyebabkan kerusakan pada organ melalui paparan yang lama atau berulang
4. C_6H_6
- a. Sangat beracun bila terhirup, tertelan, dan kontak dengan kulit
 - b. Bisa menyebabkan anemia, kanker, dan dapat membahayakan organ reproduksi

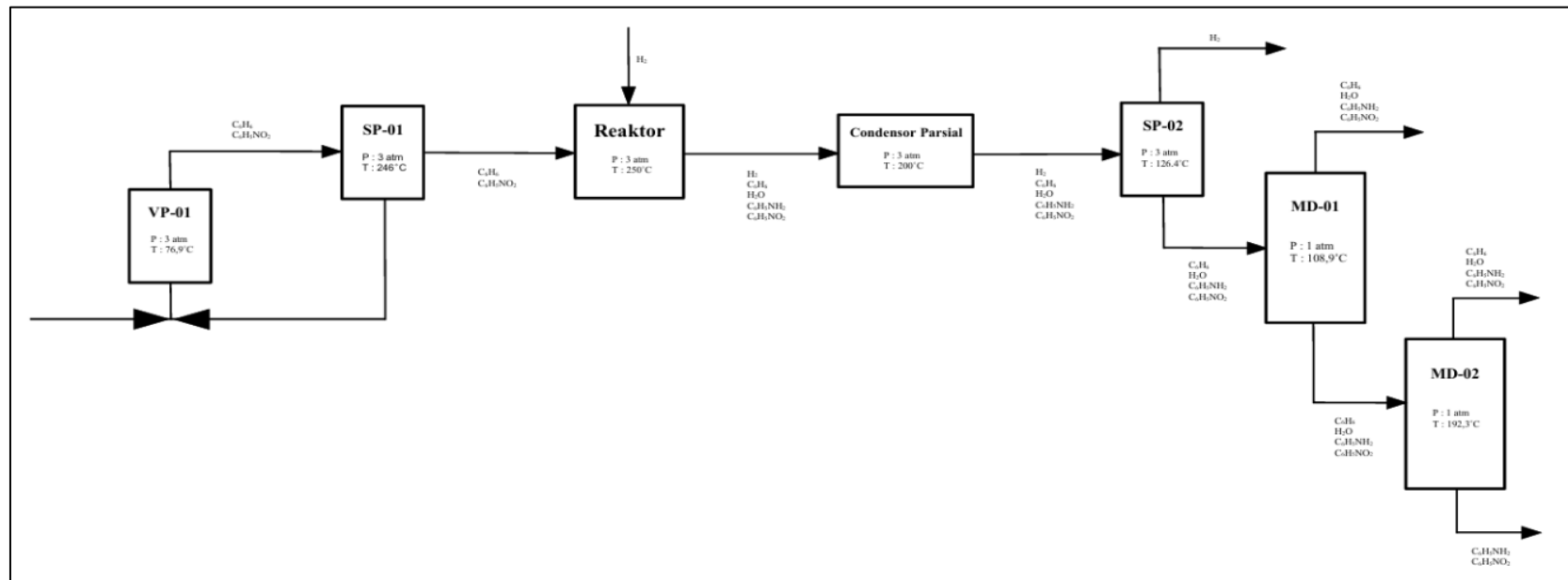
- c. Dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan saluran pernapasan
 - d. Berbahaya bagi organisme akuatik
 - e. Dapat mencemari air dan tanah
5. H_2
- a. Gas yang sangat mudah terbakar
 - b. Berisi gas bertekanan, dapat meledak bila dipanaskan
 - c. Dapat menggantikan oksigen dan menyebabkan sesak napas dengan cepat
 - d. Dapat terbakar dengan nyala yang tidak terlihat
 - e. Dapat membentuk campuran yang dapat meledak dengan udara
6. Tembaga Cu
- a. Padatan yang mudah terbakar
 - b. Dapat menyebabkan iritasi mata yang serius
 - c. Dapat menyebabkan masalah pernapasan
 - d. Sangat beracun bagi kehidupan perairan dengan efek jangka panjang

BAB III

PERANCANGAN PROSES

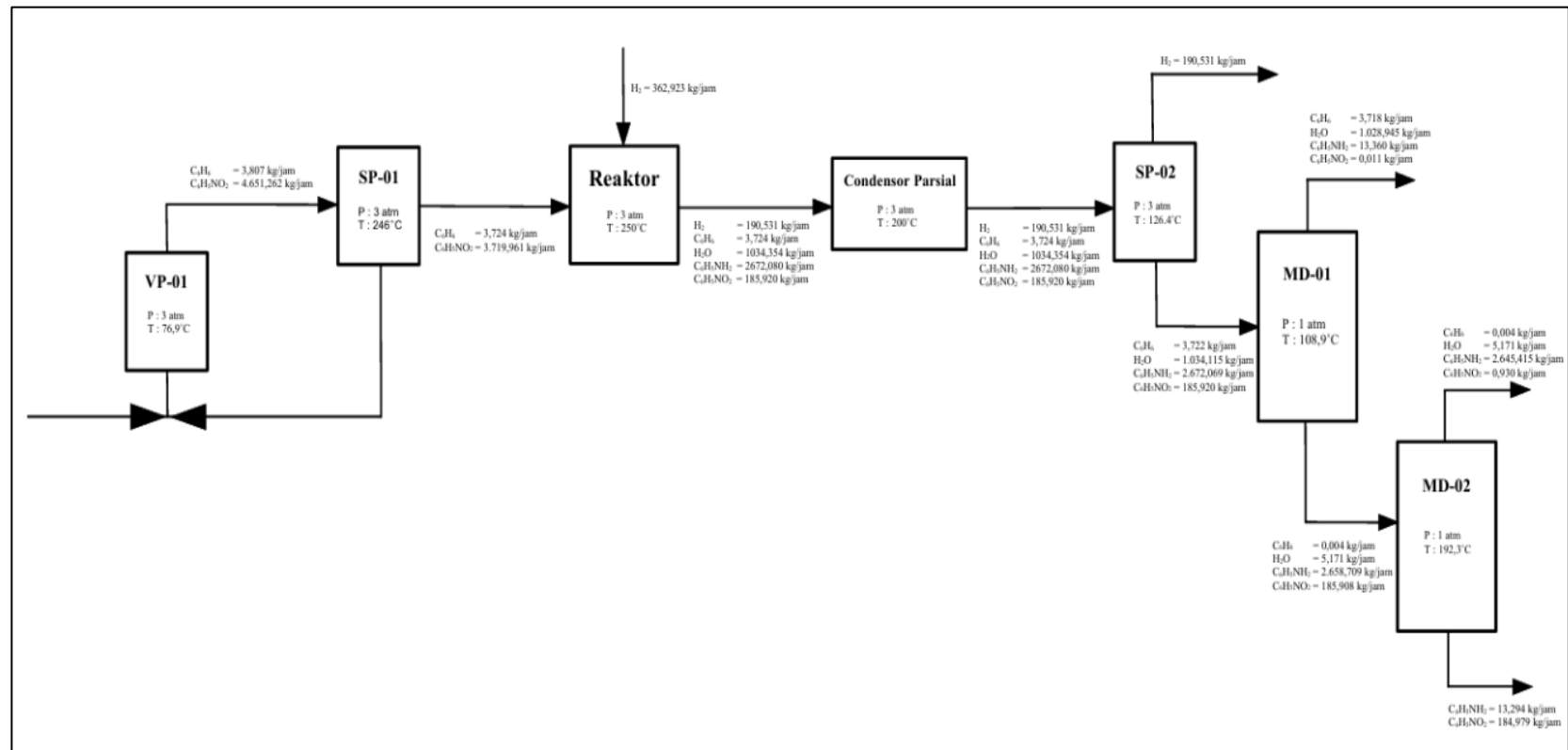
3.1. Diagram Alir Proses dan Material

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

3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses produksi anilin diawali dengan persiapan bahan baku yang terdiri dari hidrogen, nitrobenzene, dan benzene. Bahan baku dialirkan dari tangki penyimpanan menuju reaktor. Sebelum masuk reaktor, bahan baku dikondisikan pada kondisi suhu dan tekanan yang sesuai guna memastikan bahan tercampur secara homogen serta mendukung efektivitas jalannya reaksi, seperti bahan baku nitrobenzene dan benzene akan dipompa menuju vaporizer terlebih dahulu untuk melewati proses penguapan sebanyak 80%, lalu diumpankan menuju separator untuk memisahkan uap dengan cairan. Cairan pada separator akan di recycle ke dalam vaporizer, sedangkan uap pada separator akan dilakukan proses pemanasan untuk memperoleh suhu masuk reaktor yang diharapkan.

3.2.2. Tahap Reaksi

Proses reaksi berlangsung di dalam reaktor dengan dilengkapi media pendingin dowtherm pada suhu 250°C dan tekanan 3 atm. Reaksi yang terjadi pada reaktor ialah reaksi hidrogenasi antara nitrobenzene dengan hidrogen dengan bantuan katalis CuO. Reaksi tersebut menghasilkan anilin sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. Selanjutnya, hasil luaran reaktor akan melewati proses pendinginan. Reaktor tersebut dioperasikan secara kontinu

untuk memastikan konversi reaksi dapat berjalan dengan stabil dan efisien.

3.2.3. Tahap Pemisahan Awal

Produk keluaran reaktor yang telah melalui proses pendinginan akan dialirkan menuju kondensor parsial untuk dilakukan proses pengembunan. Hasil proses pengembunan pada kondensor parsial akan dialirkan menuju separator untuk dilakukan proses pemisahan antara uap dengan cairan. Uap akan menjadi hasil atas pada separator sedangkan cairan akan menjadi hasil bawah pada separator. Uap hasil pemisahan separator akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL), sedangkan cairan hasil pemisahan pada separator akan dialirkan menuju menara distilasi.

3.2.4. Tahap Pemurniaan

Hasil pemisahan pada separator akan melewati dua kali tahap proses pemurniaan menggunakan menara distilasi. Tahap pertama distilasi akan dilakukan dengan suhu $108,9^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan operasi 1 atm, sedangkan tahap kedua distilasi akan dilakukan dengan suhu $192,3^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan operasi 1 atm. Pada menara distilasi pertama menghasilkan hasil atas berupa air dan sedikit kandungan anilin, sedangkan hasil bawah berupa produk anilin dan ada sedikit kandungan air-nitrobenzene. Hasil atas dari menara distilasi akan melewati proses pengembunan dan pendinginan sebelum dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL). Hasil

bawah dari menara distilasi pertama akan melewati proses penguapan, dan uap yang dihasilkan akan masuk kembali ke dalam menara distilasi guna menjaga kesetimbangan fasa. Sedangkan hasil cairan akan menuju tahap pemurniaan selanjutnya pada menara distilasi kedua. Pada menara distilasi kedua menghasilkan hasil atas berupa produk anilin dan sedikit kandungan air, sedangkan hasil bawah berupa nitrobenzene dan sedikit kandungan anilin. Hasil atas dari menara distilasi kedua akan melewati proses pengembunan dan pendinginan sebelum dialirkan menuju unit penyimpanan sebagai produk utama. Hasil bawah dari menara distilasi kedua akan melewati proses penguapan, dan uap yang dihasilkan akan masuk kembali ke dalam menara distilasi guna menjaga kesetimbangan fasa. Sedangkan hasil cairan akan menuju unit penyimpanan sebagai produk samping.

3.3. Spesifikasi Alat

3.3.1. Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode alat	R-01
Fungsi	Tempat terjadinya proses hidrogenasi nitrobenzene menjadi anilin
Jenis	Fixed Bed Multitube
Jumlah	1

Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Suhu : 250 °C
Katalis	Tembaga Cu
Kondisi proses	Non adiabatik, Non isothermal
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon A285
Diameter shell, m	0,9741
Tebal shell, in	0,1675
Tinggi total, m	4,959
Jenis head	Elipsoidal
Bahan isolator	Glass fiber
Konduktivitas panas, W/mk	0,043
Tebal isolator, m	0,2964
Spesifikasi khusus	
Wujud katalis	Padat
Porositas	0,5
Rapat massa, kg/m ³	8.960
Faktor pengotoran, Btu/jam ft ² F	0,003
Tebal tumpukan katalis, m	4,343

3.3.2. Spesifikasi Alat Pemisah

a. Separator

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Separator

Kode alat	SP-01	SP-02
Fungsi	Memisahkan campuran antara produk cairan dengan produk gas	Memisahkan campuran antara produk cairan dengan produk gas
Tipe	Vertikal separator	Vertikal separator
Jumlah	1	1
Bahan	Baja karbon	Baja karbon
Kondisi operasi	Suhu : 246°C Tekanan : 3 atm	Suhu : 126,5°C Tekanan : 3 atm
Waktu tinggal	10 menit	10 menit
Diameter (m)	0,9144	0,9144
Tinggi cairan (m)	0,2075	1,0595
Tinggi separator (m)	2,7432	2,7432

b. Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi

Kode alat	MD-01	MD-02
Fungsi	Memisahkan anilin, benzene, dan air	Memisahkan campuran dari anilin

Tipe	Sieve tray	Sieve tray
Jumlah	1	1
Bahan	Baja karbon	Baja karbon
Kondisi operasi	Puncak menara : Tekanan : 1 atm Suhu embun : 104,5 °C Suhu didih : 100,3 °C Umpan : Tekanan : 1 atm Suhu didih : 108,9 °C Dasar menara : Tekanan : 1 atm Suhu didih : 180,9 °C Jumlah plate minimum : 2 Reflux minimum : 0,007 Reflux operasi : 0,214 Jumlah plate ideal : 6 Jumlah plate aktual : 15	Puncak menara : Tekanan : 1 atm Suhu embun : 184,8 °C Suhu didih : 180 °C Umpan : Tekanan : 1 atm Suhu didih : 192,4 °C Dasar menara : Tekanan : 1 atm Suhu didih : 210,98 °C Jumlah plate minimum : 10 Reflux minimum : 0,506 Reflux operasi : 0,632 Jumlah plate ideal : 23 Jumlah plate aktual : 39

	Diameter menara : 1,7 m Tinggi menara : 7,9 m	Diameter menara : 1,2 m Tinggi menara : 15 m
--	---	--

3.3.3. Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

a. Tangki

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Tangki

Kode alat	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku hidrogen	Menyimpan bahan baku nitrobenzene dan benzene
Waktu penyimpanan	15 hari	30 hari
Tipe	Tangki bola	Tangki silinder tegak
Jumlah	1	1
Bahan	Baja karbon	Baja karbon
Kondisi operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 17 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Diameter : 6,818 m Volume : 9462489,361 m ³ Tebal : 0,1875 in	Diameter : 21,336 m Volume : 3174,576 m ³ Tinggi : 9,144 m Tebal : 0,3 in

		<i>Roof design</i> : 147,82 m
--	--	----------------------------------

Lanjutan Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Tangki

Kode alat	T-03	T-04
Fungsi	Menyimpan anilin dan nitrobenzene	Menyimpan anilin dan air
Waktu penyimpanan	30 hari	30 hari
Tipe	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Jumlah	1	1
Bahan	Baja karbon	Baja karbon
Kondisi operasi	Suhu : 50 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 50 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Diameter : 4,572 m Volume : 147,679 m ³ Tinggi : 9,144 m Tebal : 0,1875 in <i>Roof design</i> : 31,676 m	Diameter : 18,288 m Volume : 2299,888 m ³ Tinggi : 9,144 m Tebal : 0,26 in <i>Roof design</i> : 126,7 m

b. Akumulator

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Akumulator

Kode alat	AC-01	AC-02
Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari condenser-02	Menampung embunan yang berasal dari condenser-03
Waktu penyimpanan	10 menit	10 menit
Tipe	Tangki silinder horizontal	Tangki silinder horizontal
Jumlah	1	1
Bahan	Baja karbon	Baja karbon
Kondisi operasi	Suhu : 100,3 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 180 °C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Volume : 0,266 m ³ Diameter : 0,6096 m Panjang : 1,8288 m	Volume : 0,992 m ³ Diameter : 0,6096 m Panjang : 1,8288 m

3.3.4. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Pompa

Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Pompa

Kode alat	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Memompa bahan pada T-02 ke V-01	Memompa hasil bawah AC-01 ke puncak MD-01	Memompa hasil bawah RB-01 ke umpan MD-02 melewati HE-03
Tipe	Pompe sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Jumlah	2	2	2
Bahan	Baja komersial	Baja komersial	Baja komersial
Suhu (°C)	30	100,3	180,98
Kapasitas (m ³ /jam)	3,121	1,33	3,237
<i>Pump head</i> (m)	19,578	9,575	5,728
OD (in)	1,9	1,32	2,38
ID (in)	1,61	1,049	2,067
Daya motor (hp)	1	0,5	0,5

Lanjutan Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Pompa

Kode alat	P-04	P-05
Fungsi	Memompa hasil bawah AC-02 ke puncak MD-02	Memompa hasil bawah RB-02 ke T-03 melewati CL-04
Tipe	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Jumlah	2	2
Bahan	Baja komersial	Baja komersial
Suhu (°C)	180	210,98
Kapasitas (m ³ /jam)	4,962	0,201
<i>Pump head</i> (m)	14,485	8,3796
OD (in)	2,38	0,84
ID (in)	2,067	0,622
Daya motor (hp)	1	0,5

Lanjutan Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Pompa

Kode alat	P-06	P-07
Fungsi	Memompa produk samping dari T-03 ke truk penjualan	Memompa produk utama dari T-04 ke truk penjualan
Tipe	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Jumlah	2	2
Bahan	Baja komersial	Baja komersial

Suhu (°C)	50	50
Kapasitas (m ³ /jam)	0,171	2,662
<i>Pump head</i> (m)	2,538	2,525
OD (in)	0,84	2,38
ID (in)	0,622	2,067
Daya motor (hp)	0,5	0,5

b. Kompresor

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Kompresor

Kode alat	K-01
Fungsi	Menekan tekanan dari tekanan 13 atm ke 17 atm
Tipe	Kompresor sentrifugal
Jumlah	1
Kondisi operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 17 atm
Kapasitas (Nm ³ /jam)	3978,994
Penggerak	<i>Single stage</i>
Daya penggerak (hp)	25

3.3.5. Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Kondenser Parsial

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Kondensor Parsial

Kode alat	CD-01
Fungsi	Mengembunkan hasil keluaran dari reaktor
Tipe	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 3 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 50 °C Fluida panas Suhu masuk : 200 °C Suhu keluar : 126,46 °C
Laju alir fluida, kg/jam	4.068,608
Laju alir air, kg/jam	71.411,141
<i>Shell</i>	
Diameter, in	23,25
Susunan pitch	<i>Triangular pitch</i>
Pitch, in	0,9375
<i>Tube</i>	

OD, in	0,75
ID, in	0,58
Panjang, m	7,3152
Jumlah tube	478
A, ft ²	463,192
Ud, Btu/hr. ft ² . F	12,338
Uc, Btu/hr. ft ² . F	18,324
Rd min/Rd cal	0,003/0,026

b. Kondenser

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Kondensor II

Kode alat	CD-02
Fungsi	Mengembunkan hasil atas MD-01
Tipe	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 40 °C Fluida panas Suhu masuk : 104,5 °C Suhu keluar : 100,3 °C
Laju alir fluida, kg/jam	1.269,87499

Laju alir air, kg/jam	71.037,1231
Shell	
Diameter, in	17,25
Susunan pitch	<i>Triangular pitch</i>
Pitch, in	0,9375
Tube	
OD, in	0,75
ID, in	0,58
Panjang, m	1,8288
Jumlah tube	254
A, ft ²	264,097
Ud, Btu/hr. ft ² . F	77,814
Uc, Btu/hr. ft ² . F	663,9
Rd min/Rd cal	0,003/0,011

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Kondensor III

Kode alat	CD-03
Fungsi	Mengembunkan hasil atas MD-02
Tipe	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30° C

	Suhu keluar : 40 °C Fluida panas Suhu masuk : 184,8 °C Suhu keluar : 180 °C
Laju alir fluida, kg/jam	4.328,3525
Laju alir air, kg/jam	51.546,1376
<i>Shell</i>	
Diameter, in	15,25
Susunan pitch	<i>Triangular pitch</i>
Pitch, in	0,9375
<i>Tube</i>	
OD, in	0,75
ID, in	0,58
Panjang, m	1,8288
Jumlah tube	192
A, ft ²	175,065
Ud, Btu/hr. ft ² . F	34,119
Uc, Btu/hr. ft ² . F	833,88
Rd min/Rd cal	0,003/0,028

c. Heater

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Heater I

Kode alat	HE-01
Fungsi	Memanaskan suhu umpan H ₂ sebelum masuk reaktor
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 3 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 250 °C Fluida panas Suhu masuk : 550 °C Suhu keluar : 550 °C
Laju alir fluida, kg/jam	362,9231
Laju alir steam, kg/jam	735,0864
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	3,5
Diameter dalam pipa luar, in	4,062
<i>Flow area</i> , in ²	3,34
<i>Inner tube</i>	
OD, in	3,5

ID, in	3,068
<i>Flow area</i> , in ²	7,39
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	35,0466
Ud, Btu/hr. ft ² . F	72,8573
Uc, Btu/hr. ft ² . F	168,6823
Rd min/Rd cal	0,003/0,008

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Heater II

Kode alat	HE-02
Fungsi	Memanaskan suhu umpan C ₆ H ₅ NO ₂ dan C ₆ H ₆ sebelum masuk reaktor
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 3 atm Fluida dingin Suhu masuk : 246° C Suhu keluar : 250° C Fluida panas Suhu masuk : 550° C Suhu keluar : 550° C
Laju alir fluida, kg/jam	3.723,685

Laju alir steam, kg/jam	14,091
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	3,5
Diameter dalam pipa luar, in	4,062
<i>Flow area, in²</i>	3,34
<i>Inner tube</i>	
OD, in	3,5
ID, in	3,068
<i>Flow area, in²</i>	7,39
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	2,3129
Ud, Btu/hr. ft ² . F	28,849
Uc, Btu/hr. ft ² . F	47,985
Rd min/Rd cal	0,003/0,014

Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Heater III

Kode alat	HE-03
Fungsi	Memanaskan suhu keluaran reboiler-01 sebelum masuk MD-02
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm

	Fluida dingin Suhu masuk : 180,98 °C Suhu keluar : 192,39 °C Fluida panas Suhu masuk : 550 °C Suhu keluar : 550 °C
Laju alir fluida, kg/jam	5602,105
Laju alir steam, kg/jam	70,246
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	3,5
Diameter dalam pipa luar, in	4,062
<i>Flow area</i> , in ²	3,34
<i>Inner tube</i>	
OD, in	3,5
ID, in	3,068
<i>Flow area</i> , in ²	7,39
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	3,688
Ud, Btu/hr. ft ² . F	15,335
Uc, Btu/hr. ft ² . F	65,729
Rd min/Rd cal	0,003/0,05

d. Cooler

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Cooler I

Kode alat	CL-01
Fungsi	Mendinginkan hasil bawah dari separator-02
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 3 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 50 °C Fluida panas Suhu masuk : 126,5 °C Suhu keluar : 108,9 °C
Laju alir fluida, kg/jam	3.895,826
Laju alir air, kg/jam	2.365,016
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	1,66
Diameter dalam pipa luar, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	1,2
<i>Inner tube</i>	
OD, in	2,38

ID, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	3,37
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	13,427
Ud, Btu/hr. ft ² . F	89,786
Uc, Btu/hr. ft ² . F	947,987
Rd min/Rd cal	0,003/0,01

Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Cooler II

Kode alat	CL-02
Fungsi	Mendinginkan hasil atas dari MD-01
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 50 °C Fluida panas Suhu masuk : 100,3 °C Suhu keluar : 50 °C
Laju alir fluida, kg/jam	1.046,035
Laju alir air, kg/jam	2.608,153
<i>Annulus</i>	

Diameter luar pipa dalam, in	1,66
Diameter dalam pipa luar, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	1,2
<i>Inner tube</i>	
OD, in	2,38
ID, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	3,37
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	35,011
Ud, Btu/hr. ft ² . F	93,651
Uc, Btu/hr. ft ² . F	1.025,449
Rd min/Rd cal	0,003/0,009

Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Cooler III

Kode alat	CL-03
Fungsi	Mendinginkan hasil atas atas dari MD-02
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 50 °C Fluida panas

	Suhu masuk : 180 °C Suhu keluar : 50 °C
Laju alir fluida, kg/jam	2.651,519
Laju alir air, kg/jam	10.157,704
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	1,66
Diameter dalam pipa luar, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	1,2
<i>Inner tube</i>	
OD, in	2,38
ID, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	3,37
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	76,2047
Ud, Btu/hr. ft ² . F	100
Uc, Btu/hr. ft ² . F	5.208,326
Rd min/Rd cal	0,003/0,009

Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Cooler IV

Kode alat	CL-04
Fungsi	Mendinginkan hasil bawah dari reboiler-02
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 30 °C Suhu keluar : 50 °C Fluida panas Suhu masuk : 210,98 °C Suhu keluar : 50 °C
Laju alir fluida, kg/jam	198,2724
Laju alir air, kg/jam	669,8358
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	1,66
Diameter dalam pipa luar, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	1,2
<i>Inner tube</i>	
OD, in	2,38
ID, in	2,07
<i>Flow area</i> , in ²	3,37

Panjang, m	1,8288
A, ft ²	4,3698
Ud, Btu/hr. ft ² . F	29,221
Uc, Btu/hr. ft ² . F	125,442
Rd min/Rd cal	0,003/0,026

e. Reboiler I

Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Reboiler I

Kode alat	RB-01
Fungsi	Menguapkan cairan dari dasar MD-01
Tipe	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 162,58 °C Suhu keluar : 180,98 °C Fluida panas Suhu masuk : 550 °C Suhu keluar : 550 °C
Laju alir fluida, kg/jam	5.602,105
Laju alir steam, kg/jam	2.256,923
<i>Shell</i>	

Diameter, in	15,25
Susunan pitch	<i>Triangular pitch</i>
Pitch, in	0,9375
<i>Tube</i>	
OD, in	0,75
ID, in	0,58
Panjang, m	4,8768
Jumlah tube	192
A, ft ²	113,1295
Ud, Btu/hr. ft ² . F	29,7651
Uc, Btu/hr. ft ² . F	416,2499
Rd min/Rd cal	0,003/0,031

Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat Reboiler II

Kode alat	RB-02
Fungsi	Menguapkan cairan dari dasar MD-02
Tipe	<i>Shell and Tube Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 1 atm Fluida dingin Suhu masuk : 210,79 °C Suhu keluar : 210,98 °C

	Fluida panas Suhu masuk : 550° C Suhu keluar : 550° C
Laju alir fluida, kg/jam	6.153,651
Laju alir steam, kg/jam	1.590,771
<i>Shell</i>	
Diameter, in	23,25
Susunan pitch	<i>Triangular pitch</i>
Pitch, in	0,9375
<i>Tube</i>	
OD, in	0,75
ID, in	0,58
Panjang, m	4,8768
Jumlah tube	478
A, ft ²	126,6881
Ud, Btu/hr. ft ² . F	13,339
Uc, Btu/hr. ft ² . F	135,65
Rd min/Rd cal	0,003/0,067

f. Vaporizer

Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat Vaporizer

Kode alat	V-01
Fungsi	Menguapkan bahan baku $C_6H_5NO_2$ dan C_6H_6
Tipe	<i>Double Pipe Exchanger</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	Tekanan : 3 atm Fluida dingin Suhu masuk : $76,9^\circ C$ Suhu keluar : $246^\circ C$ Fluida panas Suhu masuk : $550^\circ C$ Suhu keluar : $550^\circ C$
Laju alir fluida, kg/jam	3.723,685
Laju alir steam, kg/jam	1.753,849
<i>Annulus</i>	
Diameter luar pipa dalam, in	3,5
Diameter dalam pipa luar, in	4,5
<i>Flow area</i> , in ²	6,28
<i>Inner tube</i>	
OD, in	3,5

ID, in	3,068
<i>Flow area</i> , in ²	7,39
Panjang, m	3,6576
A, ft ²	53,71997
Ud, Btu/hr. ft ² . F	74,4511
Uc, Btu/hr. ft ² . F	130,1394
Rd min/Rd cal	0,003/0,006

3.4. Neraca Massa

a. Reaktor

Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/Jam	Kg/Jam
H ₂	362,9231	190,5308
C ₆ H ₆	3,7237	3,7237
H ₂ O	0	1.034,3536
C ₆ H ₅ NH ₂	0	2.672,0802
C ₆ H ₅ NO ₂	3.719,9613	185,9198
Total	4.086,608	4.086,608

b. Kondensor Parsial

Tabel 3. 22 Neraca Massa Kondensor Parsial

Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/Jam	Kg/Jam
H ₂	190,5308	190,5308
C ₆ H ₆	3,7237	3,7237
H ₂ O	1.034,3536	1.034,3536
C ₆ H ₅ NH ₂	2.672,0802	2.672,0802
C ₆ H ₅ NO ₂	185,9198	185,9198
Total	4.086,608	4.086,608

c. Separator I

Tabel 3. 23 Neraca Massa Separator I

Komponen	Masuk	Keluar Atas	Keluar Bawah
	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam
C ₆ H ₆	3,8069757	3,723685	0,08329
C ₆ H ₅ NO ₂	4.651,2621	3.719,9613	931,3008
Sub Total		3.723,685	931,3841
Total	4.655,0691	4.655,0691	

d. Separator II

Tabel 3. 24 Neraca Massa Separator II

Komponen	Masuk	Keluar Atas	Keluar Bawah
	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam
H ₂	190,5308	190,5308	0
C ₆ H ₆	3,7237	0,00128	3,7224
H ₂ O	1.034,3536	0,23848	1.034,1151
C ₆ H ₅ NH ₂	2.672,0802	0,01124	2.672,0689
C ₆ H ₅ NO ₂	185,9198	0,00015	185,9196
Sub Total		190,7819	3.895,8261
Total	4.086,608	4.068,608	

e. Menara Distilasi I

Tabel 3. 25 Neraca Massa Menara Distilasi I

Komponen	Masuk	Keluar Atas	Keluar Bawah
	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam
C ₆ H ₆	3,7224	3,71835	0,00406
H ₂ O	1.034,1151	1.028,945	5,17058
C ₆ H ₅ NH ₂	2.672,0689	13,3603	2.658,71
C ₆ H ₅ NO ₂	185,9197	0,01123	185,908
Sub Total		1.046,034	2.846,792
Total	3.895,8261	3.895,8261	

f. Menara Distilasi II

Tabel 3. 26 Neraca Massa Menara Distilasi II

Komponen	Masuk	Keluar Atas	Keluar Bawah
	Kg/Jam	Kg/Jam	Kg/Jam
C ₆ H ₆	0,00406	0,00406	0
H ₂ O	5,17058	5,17058	0
C ₆ H ₅ NH ₂	2.685,71	2.645,415	13,2935
C ₆ H ₅ NO ₂	185,908	0,92954	184,9789
Sub Total		2.651,519	198,2724
Total	2.849,792	2.849,792	

3.5. Neraca Panas

a. Reaktor

Tabel 3. 27 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kJ/jam)			Keluar (kJ/jam)	
	Qreaktan	Qreaksi	Qpendingin	Qproduk	Qpendingin
H ₂	1.175.32 0,75	-	-	1.123.10 4,02	-
C ₆ H ₆	1231,008 7	-	-	1.164,23 98	-
H ₂ O	0	-	-	0	-
C ₆ H ₅ NH ₂	0	-	-	0	-

C ₆ H ₅ NO ₂	1.036.42 9,09	-	-	982.006, 931	-
Sub Total	2212980, 85	- 106.704,4 9	18.884,186	2.106.27 5,19	18.885,356
Total	2.125.160,55			2.125.160,55	

b. Waste Heat Boiler (WHB)

Tabel 3. 28 Neraca Panas WHB

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
H ₂	664.567,4023	552.793,1148
C ₆ H ₆	1.273,616	1.011,7949
H ₂ O	473.328,1212	392.419,1793
C ₆ H ₅ NH ₂	978.813,6431	783.261,0716
C ₆ H ₅ NO ₂	53.956,4359	43.221,7473
Air pendingin	21.243,8499	420.476,1605
Total	2.193.183,068	2.193.183,068

c. Kondensor Parsial

Tabel 3. 29 Neraca Panas Kondensor Parsial

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
H ₂	552.793,1148	348.279,7548

C ₆ H ₆	2.766,2521	873,8515
H ₂ O	3.272.532,233	548.829,6317
C ₆ H ₅ NH ₂	3.661.763,224	792.034,3523
C ₆ H ₅ NO ₂	210.596,7684	37.551,75895
Air pendingin	8.959.323,365	14.932.205,61
Total	16.659.774,96	16.659.774,96

d. Kondensor Total I

Tabel 3. 30 Neraca Panas Kondensor Total I

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	2.572,6569	825,5721
H ₂ O	3.487.828,397	524.815,9461
C ₆ H ₅ NH ₂	12.720,1742	3.767,0744
C ₆ H ₅ NO ₂	8,408846	2,15699
Air pendingin	8.921.156,662	11.894.875,55
Total	12.424.286,3	12.424.286,3

e. Kondensor Total II

Tabel 3. 31 Neraca Panas Kondensor Total II

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	4,3857	2,31496
H ₂ O	23.986,6497	6.453,2878

$C_6H_5NH_2$	4.014.542,703	1.874.910,025
$C_6H_5NO_2$	1.077,8551	448,5153
Air pendingin	6.473.392,35	8.631.189,801
Total	10.513.003,94	10.513.003,94

f. Reboiler I

Tabel 3. 32 Neraca Panas Reboiler I

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C_6H_6	44,7288	96,0522
H_2O	152.359,8372	630.227,9837
$C_6H_5NH_2$	3.071.017,179	6.100.189,679
$C_6H_5NO_2$	81.481,9171	143.148,9688
Steam	6.325.025,871	2.756.266,849
Total	9.629.929,533	9.629.929,533

g. Reboiler II

Tabel 3. 33 Neraca Panas Reboiler II

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C_6H_6	0	0
H_2O	0	0
$C_6H_5NH_2$	480.331,8101	914.926,0546
$C_6H_5NO_2$	1.900.479,29	3.981.271,698

Steam	4.458.135,743	1.942.729,091
Total	6.838.926,843	6.838.926,843

h. Heater I

Tabel 3. 34 Neraca Panas Heater I

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
H ₂	156.313,2469	1.318.668,694
Steam	2.060.079,773	897.724,3258
Total	2.216.393,02	2.216.393,02

i. Heater II

Tabel 3. 35 Neraca Panas Heater II

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	1.313,8087	1.341,1315
C ₆ H ₅ NO ₂	1.112.359,748	1.134.613,858
Steam	39.490,0967	17.208,6639
Total	1.153.163,653	1.153.163,653

j. Heater III

Tabel 3. 36 Neraca Panas Heater III

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	29,5153	33,6645

H ₂ O	66.595,8891	74.280,2849
C ₆ H ₅ NH ₂	1.203.629,992	1.367.651,873
C ₆ H ₅ NO ₂	22.273,0655	25.294,7733
Steam	309.683,3548	134.951,2211
Total	1.602.211,816	1.602.211,816

k. Cooler I

Tabel 3. 37 Neraca Panas Cooler I

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	873,5516	743,4333
H ₂ O	548.703,0937	471.931,4428
C ₆ H ₅ NH ₂	792.031,0201	676.591,6143
C ₆ H ₅ NO ₂	37.551,7277	32.081,1269
Air pendingin	296.717,6638	494.529,4396
Total	1.675.877,057	1.675.877,057

l. Cooler II

Tabel 3. 38 Neraca Panas Cooler II

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	680,0488	328,5116
H ₂ O	432.306,784	216.103,227
C ₆ H ₅ NH ₂	3.103,0532	1.511,1943

$C_6H_5NO_2$	1,7768	0,865
Air pendingin	327.221,797	545.369,662
Total	763.313,46	763.313,46

m. Cooler III

Tabel 3. 39 Neraca Panas Cooler III

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C_6H_6	1,4122	0,3582
H_2O	3.947,5308	1.085,9459
$C_6H_5NH_2$	1.145.756,99	299.224,034
$C_6H_5NO_2$	274,1176	71,6263
Air pendingin	1.274.397,13	2.123.995,22
Total	2.424.377,18	2.424.377,18

n. Cooler IV

Tabel 3. 40 Neraca Panas Cooler IV

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C_6H_6	0	0
H_2O	0	0
$C_6H_5NH_2$	6858,337	1503,6383
$C_6H_5NO_2$	64924,5147	14253,6392
Air pendingin	84038,3613	140063,935

Total	155821,213	155821,213
-------	------------	------------

o. Vaporizer

Tabel 3. 41 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
	Q1	Q2
C ₆ H ₆	526,1051	2.762,11
C ₆ H ₅ NO ₂	558.485,4358	3.329.524,08
Steam	4.915.163,449	2.141.888,80
Total	5.474.174,99	5.474.174,99

p. Menara Distilasi I

Tabel 3. 42 Neraca Panas Menara Distilasi I

Keterangan	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qumpan	33.763,9455	-
Qdistilat	-	24.059,1428
Qbottom	-	13.120,1969
Qhilang	-	591.624,74
Qreboiler	3.568.759,022	-
Qcondensor	-	2.973.718,887
Total	3.602.522,967	3.602.522,967

q. Menara Distilasi II

Tabel 3. 43 Neraca Panas Menara Distilasi II

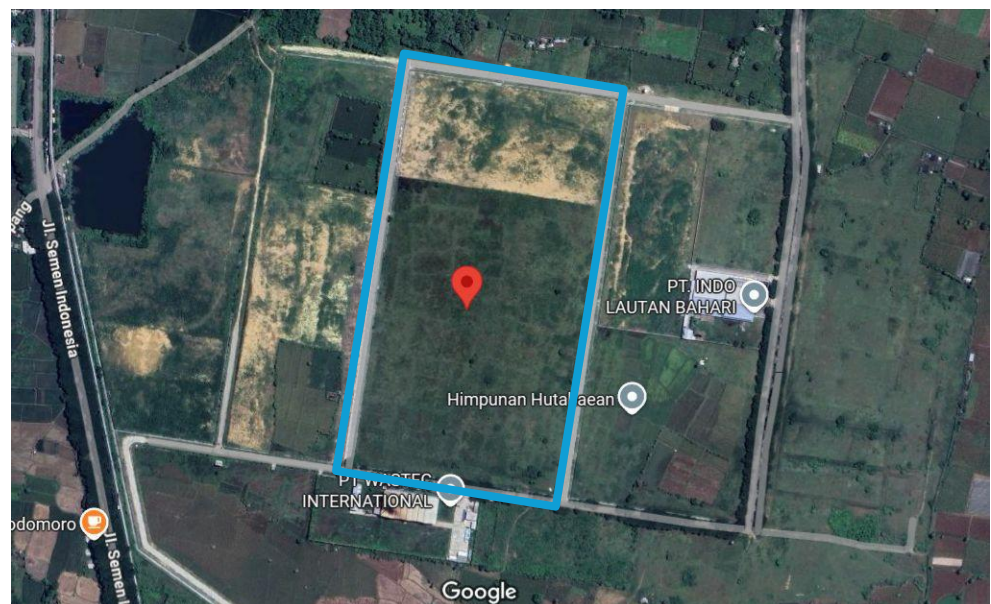
Keterangan	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qumpan	14.030,1484	-
Qdistilat	-	12.541,5216
Qbattom	-	601,5871
Qhilang	-	358.496,2423
Qreboiler	2.515.406,653	-
Qcondensor	-	2.157.797,45
Total	2.529.436,801	2.529.436,801

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan aspek yang sangat penting untuk pendirian suatu pabrik industri, karena lokasi tersebut akan memengaruhi perkembangan pabrik di masa depan. Proses penentuan lokasi pabrik dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Oleh sebab itu, penentuan lokasi pabrik harus dilakukan dengan tepat dan akurat. Lokasi pabrik anilin dengan kapasitas 21.000 ton/tahun akan didirikan di Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Penentuan lokasi pabrik tersebut berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Anilin

4.1.1. Faktor Primer

Beberapa faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam penentuan lokasi pabrik, sebagai berikut :

a. Ketersediaan Bahan Baku

Benzene merupakan salah satu bahan baku dari pembuatan anilin. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa pabrik yang memproduksi hidrogen, salah satunya ialah PT Samator Gas Industri dengan kapasitas produksi hidrogen sebesar 96.960 ton/tahun, yang berlokasi di Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Oleh sebab itu, pemilihan lokasi pabrik anilin di Kabupaten Tuban, Jawa Timur, merupakan pilihan yang tepat dan strategis.

b. Ketersediaan Utilitas

Proses produksi di sebuah pabrik didukung oleh berbagai komponen utilitas, seperti air, listrik dan bahan bakar. Jika komponen-komponen tersebut tersedia dalam jumlah yang memadai, maka proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan efisien sekaligus dapat mengurangi biaya operasional. Sumber utilitas air yang digunakan berasal dari Sungai Kening. Sehingga dengan adanya pasokan utilitas yang cukup, maka operasi pabrik dapat berjalan secara optimal tanpa kendala, menjamin kelangsungan dan stabilitas produksi secara keseluruhan.

c. Pemasaran Produk

Indonesia merupakan negara dengan industri yang berkembang pesat, menjadikannya pasar yang sangat baik bagi produk anilin. Anilin yang dihasilkan berfungsi sebagai bahan paduan penting dalam pembuatan ban dan *diphenylamine*. Selain itu, keberadaan pabrik yang berlokasi dekat dengan pelabuhan Tanjung Awar-Awar juga membantu memperlancar distribusi produk ke pasar.

d. Transportasi

Sarana transportasi untuk pengangkutan bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalur darat maupun jalur laut. Pelabuhan Tanjung Awar-Awar berfungsi sebagai tempat berlabuh bagi kapal yang mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan tersedianya sarana tersebut, maka diharapkan proses produksi dan distribusi produk dapat berjalan lancar serta terjamin, baik untuk pasar domestik maupun internasional.

4.1.2. Faktor Sekunder

Beberapa faktor sekunder yang berpengaruh secara langsung dalam penentuan lokasi pabrik, sebagai berikut :

a. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja memiliki peran penting dalam operasional pabrik. Ketersediaan tenaga kerja yang memadai dan berkualitas sangat penting bagi kelancaran, efisiensi, serta keberhasilan

operasional pabrik. Maka, diharapkan dengan berdirinya pabrik anilin dapat menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar.

b. Keadaan Geografis

Dengan kondisi geografis dan infrastruktur yang dimiliki, Tuban memiliki potensi besar sebagai lokasi ideal untuk operasional pabrik. Akses transportasi yang mudah dan terintegrasi mendukung distribusi bahan baku dan produk akhir secara efisien. Selain itu, terdapat ketersediaan sumber daya air yang cukup bagi kebutuhan industri. Kontur tanah yang relatif datar dan stabil memberikan kemudahan dalam pembangunan gedung pabrik serta fasilitas pendukung lainnya. Semua faktor ini menjadikan Tuban sebagai kawasan yang sangat layak serta menjanjikan untuk pengembangan industri dan operasional pabrik yang optimal.

c. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Kabupaten Tuban telah menetapkan kebijakan untuk pengembangan dan kemajuan wilayahnya sebagai kawasan industri. Berbagai faktor penting seperti pasokan listrik, bahan bakar, air, kondisi iklim, perizinan serta karakteristik lingkungan diperhitungkan secara matang sehingga tidak menjadi hambatan bagi pembangunan industri. Semua aspek ini telah dianalisis dan telah diintegrasikan dalam penetapan Tuban sebagai kawasan industri, memastikan bahwa

dukungan infrastruktur dan sumber daya tersedia secara memadai untuk mendukung kelancaran operasional pabrik dan pengembangan industri di wilayah tersebut.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan pabrik yang berperan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas keseluruhan proses produksi. Tata letak yang dirancang secara tepat mampu menekan waktu dan biaya produksi, memaksimalkan pemanfaatan area, proses produksi berjalan lebih lancar dan optimal, serta menjaga keselamatan kerja.

Menurut Peters dan Timmerhaus (2004) terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan tata letak pabrik, diantaranya :

- a. Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi pabrik yang belum dikembangkan untuk kebutuhan di masa depan
- b. Distribusi ekonomis pada bahan baku, produk, utilitas dan lain sebagainya
- c. Urutan proses produksi
- d. Bangunan yang meliputi jenis, luas, kondisi, serta konstruksi yang telah memenuhi syarat
- e. Pemeliharaan dan perbaikan
- f. Keamanan dalam kesehatan, keselamatan kerja dan kemungkinan terjadinya kebakaran
- g. Memaksimalkan waktu tempuh transportasi dalam area pabrik
- h. Memaksimalkan pemanfaatan area pabrik agar efektif dan efisien

- i. Pembuangan limbah cair
- j. Service area untuk tenaga kerja diatur sedemikian rupa agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja

Terdapat beberapa daerah utama pada tata letak pabrik, diantaranya :

a. Daerah Perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administratif. Kegiatan yang dilakukan meliputi perencanaan, pengendalian produksi, akuntansi, pengelolaan sumber daya manusia, serta komunikasi dengan pihak eksternal.

b. Daerah Proses Produksi dan Ruang Kontrol

Daerah proses merupakan daerah utama dan penting dalam tata letak pabrik, dimana seluruh aktivitas proses produksi berlangsung. Sedangkan ruang kontrol berperan dalam pengawasan dan pengendalian seluruh kegiatan guna memastikan kelancaran dan efektivitas selama proses produksi.

c. Daerah Laboratorium

Laboratorium berperan untuk mendukung dalam pengujian, penelitian, dan pengembangan bahan baku maupun produk akhir.

d. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah pengolahan limbah berperan dalam melakukan pengelolaan dan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan selama proses produksi agar memenuhi standar lingkungan sebelum dibuang.

e. Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran

Utilitas berperan dalam menyediakan kebutuhan bahan bakar, air, energi dan uap untuk mendukung proses produksi. Sedangkan pemadam kebakaran berperan sebagai sistem pengamanan dalam meminimalisir risiko kebakaran dan memastikan operasional pabrik dapat berjalan secara aman.

f. Daerah Gudang dan Bengkel

Gudang merupakan tempat penyimpanan utama untuk bahan baku, produk setengah jadi, dan produk jadi sebelum didistribusikan. Gudang berperan dalam menjaga kualitas bahan baku dan produk agar tidak terjadi kerusakan ataupun kehilangan. Sedangkan bengkel merupakan tempat pemeliharaan dan perbaikan alat-alat serta mesin-mesin pada pabrik. Bengkel berperan dalam menjaga agar alat dan mesin dalam kondisi baik dan dapat bekerja secara optimal. Bengkel juga berperan untuk melakukan perawatan alat dan mesin secara rutin.

g. Daerah Sarana Umum

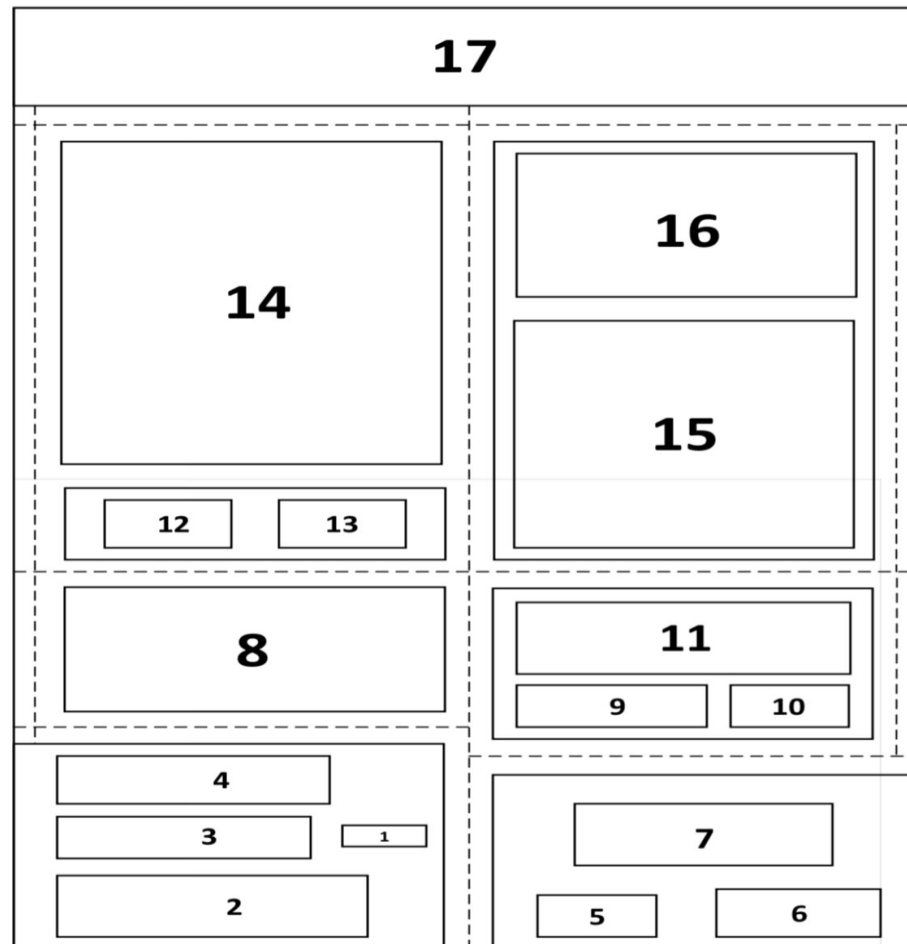
Daerah sarana umum menyediakan berbagai layanan dan fasilitas yang disediakan oleh pabrik dan dapat digunakan oleh pekerja. Sarana umum yang disediakan meliputi perumahan untuk pekerja, poliklinik, masjid, kantin, taman dan lain sebagainya. Pabrik anilin dengan kapasitas produksi sebesar 21.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di atas lahan dengan luas sebesar

53.136 m². Rincian penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m ²
1	Pos keamanan	10	5	50
2	Parkir	30	15	450
3	Taman	25	7	175
4	Masjid	20	10	200
5	Kantin	15	10	150
6	Klinik	17	13	221
7	Laboratorium	25	20	500
8	Kantor	70	32	2.240
9	Bengkel	20	10	200
10	Pemadam kebakaran	15	10	150
11	Gudang	50	20	1.000
12	Rumah boiler	15	10	150
13	Rumah generator	15	10	150
14	Area proses	150	50	7.500
15	Area utilitas	100	50	5.000
16	Area tangki	100	20	2.000
17	Area perluasan	300	10	3.000
Luas Bangunan				23.136

Luas Tanah	30.000
Total	53.136



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

1. Pos keamanan
2. Parkir
3. Taman
4. Masjid
5. Kantin

6. Klinik
7. Laboratorium
8. Kantor
9. Bengkel
10. Pemadam kebakaran
11. Gudang
12. Rumah boiler
13. Rumah generator
14. Area proses
15. Area utilitas
16. Area tangka
17. Area perluasan
- Jalur transportasi

Skala = 1 : 1000

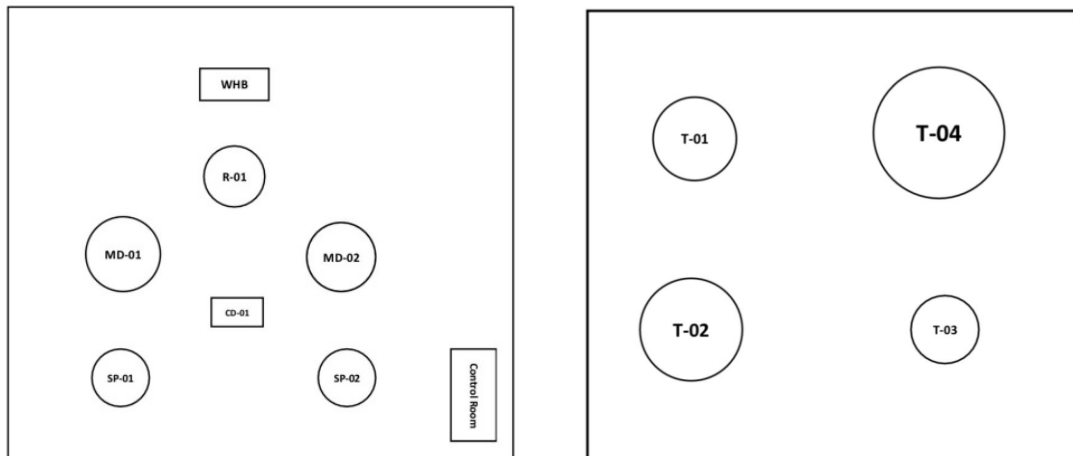
4.3. Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses juga merupakan aspek penting dalam perancangan pabrik yang berperan dalam menentukan posisi dan hubungan antar alat proses berdasarkan jenis dan fungsi yang sama dalam area produksi. Perancangan tata letak alat proses harus dilakukan dengan tepat agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar, efektivitas dalam operasional, aman, serta efisien dalam waktu dan biaya produksi.

Oleh karena itu, terdapat beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak alat proses, diantaranya :

- a. Penempatan alat-alat proses harus diatur sesuai dengan jenis dan fungsi yang sama agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan aliran material dapat berjalan dengan efektif serta efisien
- b. Menyediakan jalur transportasi yang baik agar mendukung kelancaran proses produksi, memudahkan untuk akses darurat, meningkatkan keselamatan kerja, serta memudahkan untuk akses pengoperasian, perbaikan dan pemeliharaan alat proses
- c. Memastikan sirkulasi udara yang baik agar terhindar dari penumpukan bahan kimia yang berbahaya bagi pekerja. Serta menyediakan pencahayaan yang memadai dalam area proses terutama pada zona yang beresiko tinggi agar tetap menjaga keselamatan kerja
- d. Melakukan pemeliharaan dan perbaikan alat secara rutin agar proses produksi dapat berjalan lancar, efektif serta efisien

Perancangan tata letak alat proses pabrik anilin dengan kapasitas 21.000 ton/tahun dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

R-01 = Reaktor

WHB = Waste Heat Boiler

MD-01 = Menara Distilasi 1

MD-02 = Menara Distilasi 2

CD-01 = Condensor Parsial

SP-01 = separator 1

SP-02 = separator 2

T-01 = Tangki 1

T-02 = Tangki 2

T-03 = Tangki 3

T-04 = Tangki 4

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik anilin dengan kapasitas 21.000 ton/tahun direncanakan akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yang berarti pabrik akan didirikan sebagai perusahaan terbuka dimana modal akan didapatkan melalui penjualan saham oleh masyarakat umum di pasar modal. Saham merupakan surat penting yang diterbitkan oleh Perseroan Terbatas (PT) sebagai tanda bukti kepemilikan atas sebagian modal perusahaan. Pemegang saham memiliki hak kepemilikan yang sepadan sesuai dengan jumlah saham yang dimilikinya dalam perusahaan tersebut. Pemegang saham juga berhak mendapatkan bagian dari keuntungan perusahaan serta ikut mengambil keputusan dalam rapat pemegang saham.

Berikut beberapa pertimbangan dalam pemilihan bentuk Perseroan Terbatas (PT) untuk pabrik anilin, diantaranya :

- a. Tanggung jawab pemegang saham hanya sebatas modal yang sudah mereka berikan ke perusahaan, sehingga mereka tidak bertanggung jawab atas kerugian atau kewajiban Perusahaan
- b. Memiliki status hukum yang jelas serta diakui secara resmi oleh pemerintah
- c. Mudah mendapatkan akses dalam pembiayaan, seperti pinjaman bank, obligasi, atau investasi dari pihak luar.

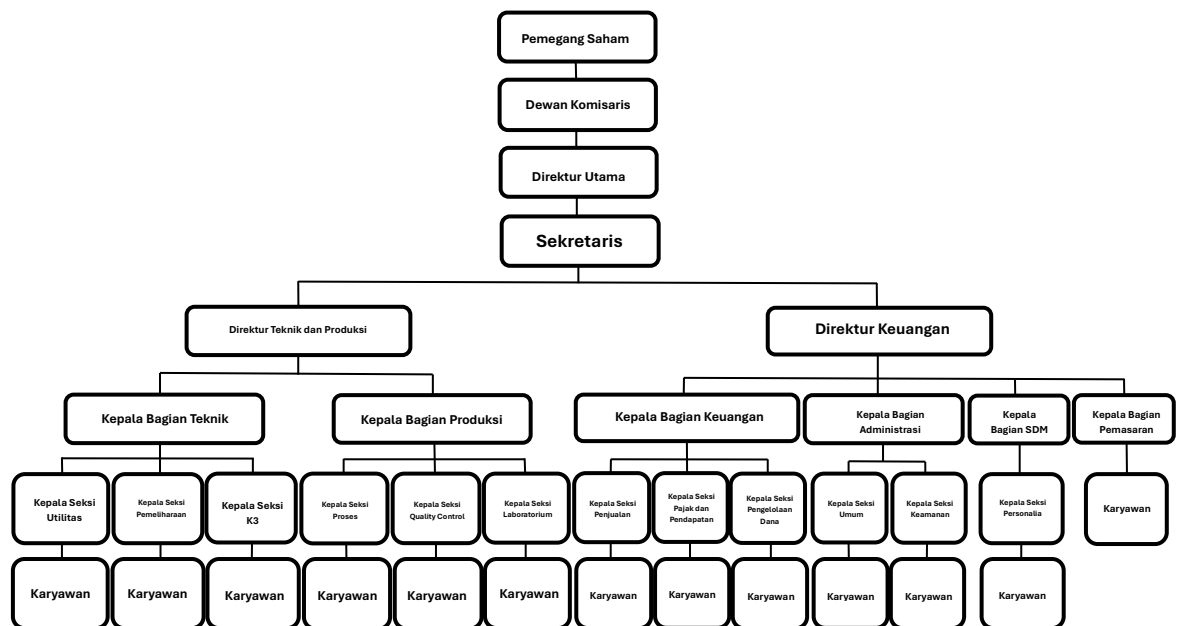
- Sehingga memberikan fleksibilitas dalam memenuhi kebutuhan modal jangka pendek maupun jangka Panjang
- d. Keberlangsungan perusahaan lebih terjamin karena operasional perusahaan tidak terpengaruh oleh perubahan pemegang saham, direksi, staf, ataupun karyawan
 - e. Struktur kepemilikan dan manajemen sangat terorganisir dengan baik, sehingga memudahkan dalam pengelolaan perusahaan secara profesional dan transparan

4.4.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam mendukung perkembangan perusahaan serta tercapainya tujuan perusahaan, maka diperlukan adanya struktur organisasi perusahaan. Struktur organisasi perusahaan merupakan hal yang sangat penting karena memberikan kerangka kerja yang terorganisir sehingga dapat memudahkan pelaksanaan fungsi dan tugas untuk setiap anggota perusahaan. Struktur organisasi perusahaan juga dapat mempermudah koordinasi antar karyawan dan departemen, serta memperlancar alur komunikasi. Organisasi yang digunakan untuk pabrik anilin ialah *Line and Staff System*. Kelompok line (garis) terdiri dari pimpinan atau manajer dengan memiliki kewenangan dan tanggung jawab dalam mengambil keputusan operasional dan kelancaran dalam aktivitas organisasi. Sedangkan kelompok staff terdiri dari para ahli atau profesional yang memberikan dukungan, saran, konsultasi serta bantuan teknis kepada

kelompok lini. Kelompok staff membantu pimpinan lini dalam pengambilan keputusan yang lebih berdasarkan pada informasi dan strategi.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 4.4, sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3. Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham mempunyai tugas dan wewenang yang sangat penting dalam perusahaan. Pemegang saham merupakan seseorang yang menginvestasikan modalnya dengan cara membeli saham pada perusahaan tersebut. Berikut beberapa tugas dan wewenang dari pemegang saham, diantaranya :

1. Mempunyai hak suara dalam proses pengambilan keputusan melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)
2. Mempunyai hak dalam pemberhentian dan pengangkatan para dewan komisaris dan direksi
3. Mempunyai hak untuk membahas dan memberikan persetujuan dalam laporan tahunan perusahaan, yang meliputi hasil usaha serta perhitungan keuangan terhadap keuntungan dan kerugian tahunan perusahaan

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih secara langsung oleh pemegang saham untuk melakukan pengawasan secara umum maupun khusus terhadap perusahaan. Berikut beberapa tugas dan wewenang dari dewan komisaris, diantaranya :

1. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan rencana jangka panjang perusahaan, rencana kerja, serta anggaran perusahaan
2. Melakukan pengawasan dan evaluasi terhadap kinerja para direksi, serta memberikan nasihat kepada para direksi
3. Memastikan bahwa perusahaan menaati ketentuan hukum dan peraturan yang berlaku

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan utama yang diberikan kewenangan oleh dewan komisaris untuk bertanggung jawab penuh terhadap keseluruhan manajemen dan operasional

perusahaan. Berikut beberapa tugas dan wewenang dari direktur utama, diantaranya :

1. Memimpin dan bertanggung jawab secara penuh dalam menjalankan perusahaan
2. Membuat dan menetapkan kebijakan serta rencana umum perusahaan sesuai dengan batas wewenang yang diberikan oleh dewan komisaris
3. Mengkoordinasi dan mempersatukan antar departemen dalam perusahaan agar tetap terjaga hubungan yang baik dan memastikan kerjasama yang efektif
4. Mengkoordinasi dan melakukan pengawasan terhadap seluruh aktivitas operasional perusahaan agar berjalan sesuai dengan tujuan perusahaan
5. Memberikan laporan rutin kepada pemegang saham dan dewan komisaris atas kinerja perusahaan

Berikut beberapa direktur yang berada dibawah pengawasan direktur utama, diantaranya :

1. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi berperan dalam mengatur dan mengendalikan operasi di bidang perencanaan teknik, produksi, serta distribusi agar berjalan sesuai dengan rencana dan standar yang telah ditetapkan. Dengan menerapkan inovasi teknologi yang berguna untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk yang dihasilkan.

2. Direktur Keuangan

Direktur keuangan mempunyai beberapa jajaran dibawahnya diantaranya bagian keuangan, administrasi, sumber daya manusia, dan pemasaran. Direktur keuangan bertanggung jawab atas administrasi dan kebijakan sumber daya manusia, mengatur perencanaan pembagian anggaran pengeluaran dan pendapatan perusahaan, menyusun prosedur dan kebijakan pemasaran produk, serta mengawasi keseluruhan sistem keuangan yang berjalan di perusahaan.

3. Sekretaris

Sekretaris bertanggung jawab untuk mengelola administrasi, menyiapkan jadwal rapat penting seperti rapat umum pemegang saham dan rapat direksi, mengelola seluruh dokumen perusahaan dan menjamin keamanan arsip, membuat *scheduling* perusahaan, berkoordinasi dengan pihak lain serta membantu dalam pembuatan laporan-laporan perusahaan.

4. Kepala Bagian

Kepala bagian mempunyai tanggung jawab untuk melaksanakan peninjauan, pengelolaan, serta koordinasi pelaksanaan pekerjaan di lingkungan bagiannya sesuai dengan arahan dari pimpinan perusahaan. Kepala bagian menjalankan perannya dalam pengelolaan operasional sesuai

dengan kebijakan pimpinan dan memastikan bagian yang dipimpinnya berjalan dengan efektif serta efisien.

5. Kepala Seksi

Kepala seksi mempunyai tanggung jawab untuk menjalankan peran pada bagian yang dikelola sesuai dengan program yang telah dibuat oleh kepala bagian. Masing-masing kepala seksi wajib membuat laporan pelaksanaan tugas kepada kepala bagian terkait.

4.4.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pengoperasian pabrik anilin direncanakan akan berlangsung selama 330 hari dalam setahun. Proses produksi dilakukan secara terus-menerus selama 24 jam setiap harinya. Sementara itu, untuk kegiatan perawatan, pemeliharaan, dan *shut down* pabrik akan dilakukan pada hari-hari yang tersisa di luar dari hari libur. Maka dari itu, dibuatlah sistem jam kerja *shift* yang diberlakukan untuk karyawan guna memastikan kelancaran serta pengawasan proses produksi. Sistem kerja yang diberlakukan ialah sistem kerja *non-shift* dan sistem kerja *shift*.

1. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak terkait secara langsung dalam proses produksi. Kelompok karyawan dengan sistem kerja *non-shift* terdiri dari direktur, kepala bagian, kepala seksi, serta karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* akan bekerja 8 jam per hari selama 5 hari kerja dalam

seminggu. Berikut pembagian jam kerja *non-shift* pada pabrik anilin :

Tabel 4. 2 Pembagian Jam Kerja *Non-Shift*

Hari	Jam Kerja (WIB)	Jam Istirahat (WIB)
Senin - Kamis	7.30 – 16.30	12.00 – 13.00
Jum'at	7.30 – 16.30	11.30 – 13.00
Sabtu - Minggu	Libur	Libur

2. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang terkait secara langsung dalam proses produksi. Kelompok karyawan dengan sistem kerja *shift* terdiri dari karyawan bagian proses, teknik, pemeliharaan, utilitas, laboratorium, dan bagian-bagian lain yang selalu siap menjaga keselamatan dan keamanan operasional pabrik. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian selama 24 jam guna memastikan operasional pabrik tetap berjalan lancar dan tanpa gangguan. Berikut pembagian jam kerja *shift* pabrik anilin :

Tabel 4. 3 Pembagian Jam Kerja *Shift*

Shift	Jam Kerja (WIB)
Shift I (Pagi)	7.30 – 15.30
Shift II (Sore)	15.30 – 23.30

Shift III (Malam)	23.30 – 7.30
-------------------	--------------

Jam kerja dalam sistem *shift* terbagi menjadi 3 kelompok shift, Dimana setiap shift berlangsung selama 8 jam kerja. Dalam sistem ini, terdapat 4 grup kerja, dengan pembagian berupa 3 grup bergantian menjalankan tugas *shift*, sedangkan 1 grup lainnya mendapatkan giliran untuk libur di setiap hari nya. Berikut pembagian jadwal *shift* untuk setiap grup :

Tabel 4. 4 Pembagian Jadwal Shift

Grup	Hari (Pekan ke 1-2)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
Grup	Hari (Pekan 3-4)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

Keterangan :

1, 2, 3, dst = hari kerja

A, B, C, D = grup shift

I, II, III = shift

 = libur

4.4.5. Jumlah dan Gaji Karyawan

Sistem penggajian karyawan pada pabrik anilin disesuaikan dengan status karyawan, jabatan, tanggung jawab, dan keterampilan yang dimiliki. Jumlah karyawan yang diperlukan harus dihitung secara tepat agar pekerjaan dapat diselesaikan dengan efisien. Hal ini juga bertujuan agar tenaga kerja yang tersedia sesuai dengan beban kerja yang ada, sehingga proses kerja berjalan secara optimal tanpa adanya kekurangan atau kelebihan karyawan yang dapat mempengaruhi produktivitas perusahaan. Berikut tabel penggolongan jabatan, jumlah, dan gaji karyawan :

Tabel 4. 5 Penggolongan Jabatan, Jumlah, dan Gaji Karyawan

Jabatan	Pendidikan	Jumlah	Gaji / Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	S2	1	40.000.000	40.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	S2	1	30.000.000	30.000.000
Direktur Keuangan	S2	1	30.000.000	30.000.000

Kepala Bagian Produksi	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Bagian Teknik	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Bagian Keuangan	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Bagian Administrasi	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Bagian Pemasaran	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Bagian SDM	S1	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Proses	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Quality Control	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Utilitas	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi K3	S1	1	12.000.000	12.000.000

Kepala Seksi Penjualan	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Pajak dan Pendapatan	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Pengelolaan Dana	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Umum	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Keamanan	S1	1	12.000.000	12.000.000
Kepala Seksi Personalia	S1	1	12.000.000	12.000.000
Karyawan Proses	D3 / S1	40	8.000.000	320.000.000
Karyawan Quality Control	D3 / S1	10	8.000.000	80.000.000
Karyawan Laboratoirum	D3 / S1	7	8.000.000	56.000.000
Karyawan Utilitas	D3 / S1	30	8.000.000	240.000.000
Karyawan Pemeliharaan	D3 / S1	10	8.000.000	80.000.000
Karyawan K3	D3 / S1	10	8.000.000	80.000.000

Karyawan Penjualan	D3 / S1	5	8.000.000	40.000.000
Karyawan Pajak dan Pendapatan	D3 / S1	5	8.000.000	40.000.000
Karyawan Pengelolaan Dana	D3 / S1	5	8.000.000	40.000.000
Karyawan Umum	D3 / S1	10	8.000.000	80.000.000
Karyawan Keamanan	D3 / S1	7	8.000.000	56.000.000
Karyawan Personalia	D3 / S1	5	8.000.000	40.000.000
Karyawan Pemasaran	D3 / S1	5	8.000.000	40.000.000
Operator	D3 / S1	30	10.000.000	30.000.000
Dokter	S1	2	10.000.000	20.000.000
Perawat	D3 / S1	2	6.000.000	12.000.000
Satpam	SMA / SMK	7	4.000.000	28.000.000
Supir	SMA / SMK	10	4.000.000	40.000.000
Cleaning Service	SMA / SMK	10	3.000.000	30.000.000
Total		231	475.000.000	1.956.000.000

Terdapat dua kelompok karyawan berdasarkan status dan sistem upah, diantaranya :

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang dipekerjakan oleh perusahaan secara permanen tanpa adanya batas waktu tertentu dan mempunyai kontrak kerja jangka panjang. Karyawan tetap akan mendapatkan hak dan fasilitas sesuai dengan peraturan ketenagakerjaan yang berlaku. Dan juga akan mendapatkan gaji tetap dengan berbagai tunjangan lengkap.

2. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak merupakan karyawan yang dipekerjakan oleh perusahaan dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan kontrak yang telah disepakati bersama. Karyawan kontrak akan mendapatkan hak yang terbatas dengan gaji yang lebih sederhana sesuai dengan periode kontrak.

4.4.6. Hak dan Fasilitas Karyawan

Terdapat beberapa hak dan fasilitas yang akan didapatkan oleh karyawan, diantaranya :

1. Gaji Karyawan

Gaji karyawan merupakan pembayaran rutin yang diterima oleh karyawan dari perusahaan sebagai imbalan atas pekerjaan yang telah mereka lakukan. Karyawan mempunyai hak untuk menerima gaji yang layak dan diberikan tepat pada waktunya,

sesuai dengan standar gaji minimum daerah yang berlaku dan ketentuan yang tercantum dalam kontrak kerja.

2. Tunjangan Karyawan

Karyawan akan mendapatkan berbagai tunjangan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Berikut tunjangan-tunjangan yang akan diterima oleh setiap karyawan, diantaranya :

a. Tunjangan Hari Raya

Tunjangan hari raya akan diberikan kepada karyawan setiap menjelang hari besar keagamaan seperti hari raya idul fitri, dan jumlah THR akan diberikan sebesar nilai satu bulan gaji karyawan.

b. Tunjangan Kesehatan

Tunjangan kesehatan akan diberikan kepada karyawan guna mendukung kesehatan karyawan beserta dengan keluarganya. Perusahaan memberikan tunjangan kesehatan berupa pendaftaran karyawan sebagai peserta BPJS Ketenagakerjaan dan juga menyediakan asuransi kesehatan tambahan yang mencakup layanan pengobatan dan pemeriksaan rutin.

c. Tunjangan Jabatan

Tunjangan jabatan akan diberikan kepada karyawan berdasarkan jabatan yang dia duduki di dalam perusahaan. Jumlah tunjangan akan meningkat seiring dengan tingginya tingkat jabatan dan tanggung jawab.

d. Tunjangan Pensiun

Tunjangan pensiun sebagai bagian dari program jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan untuk membantu karyawan setelah mereka pensiun.

e. Tunjangan Lembur

Tunjangan lembur merupakan imbalan tambahan yang diberikan saat karyawan melakukan pekerjaan melebihi jam kerja yang telah disepakati dalam kontrak kerja. Besaran tunjangan akan diberikan sesuai dengan jumlah jam lembur yang diambil.

3. Cuti dan Hari Libur Nasional

Cuti merupakan hak karyawan untuk mendapatkan waktu istirahat atau izin tidak bekerja untuk sementara waktu. Cuti yang diberikan untuk karyawan diantaranya ialah cuti tahunan selama 12 hari setelah karyawan bekerja selama satu tahun, cuti sakit dengan adanya surat keterangan dokter, cuti melahirkan yang diberikan selama 3 bulan dengan pembagian cuti berupa 1 bulan sebelum melahirkan dan 2 bulan setelah melahirkan, cuti menikah, dan berbagai cuti lainnya.

4. Fasilitas Karyawan

Untuk memastikan kenyamanan dan meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan perlu menyediakan beberapa fasilitas untuk karyawan, diantaranya :

a. Seragam kerja dan peralatan keselamatan kerja

- b. Fasilitas kesehatan seperti tersedia nya poliklinik di area perusahaan guna menjaga kesehatan fisik maupun mental tiap karyawan. Poliklinik perusahaan dapat memudahkan akses kesehatan secara langsung di tempat kerja, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan meminimalisir waktu yang terbuang
- c. Fasilitas makan dan minum akan disediakan oleh perusahaan sebanyak satu kali dalam sehari pada jam istirahat makan siang
- d. Fasilitas transportasi antar jemput akan disediakan oleh perusahaan dengan menggunakan bus untuk memudahkan dan memberikan kenyamanan akomodasi bagi karyawan
- e. Fasilitas tempat kerja dan sarana umum akan disediakan oleh perusahaan seperti masjid sebagai tempat beribadah karyawan muslim, rumah untuk karyawan, kantin, poliklinik, ruang istirahat, ruang rapat, ruang kerja yang dirancang untuk memberikan kenyamanan bagi karyawan, tersedianya wifi, dan tersedianya pengaturan suhu pendingin atau pemanas dalam ruangan.

BAB V

UTILITAS

Utilitas atau unit pendukung proses mempunyai peran penting dalam memastikan kelangsungan dan kelancaran proses produksi suatu pabrik. Dengan adanya sistem utilitas yang memadai, proses produksi akan berjalan dengan aman, efisien, dan optimal. Unit utilitas pada pabrik anilin meliputi unit penyediaan dan pengolahan air, unit pembangkit steam, unit pembangkit listrik, unit penyediaan udara tekan, unit penyediaan bahan bakar, dan unit pengolahan limbah.

5.1. Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air

5.1.1. Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu bagian dari sistem utilitas yang mempunyai peran dalam menyediakan air yang dibutuhkan untuk berbagai keperluan suatu pabrik. Air dapat diperoleh melalui pembelian atau dengan pemanfaatan sumber air yang berada di sekitar pabrik, seperti air laut, air sungai, atau air danau. Sumber air yang digunakan untuk kebutuhan perancangan pada pabrik anilin diperoleh dari air Sungai Kening dengan beberapa pertimbangan, diantaranya :

- a. Pengolahan air sungai cenderung lebih mudah, sederhana, dan mempunyai biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan mempunyai biaya yang lebih tinggi

- b. Air sungai mempunyai kontinuitas yang cukup stabil, sehingga dapat meminimalkan risiko kekurangan air selama proses produksi. Dan jarak sumber air sungai yang dekat dengan pabrik dapat membantu menekan biaya operasional dan pengolahan air

Pada pabrik anilin, kebutuhan air sungai sebagai utilitas akan dimanfaatkan untuk beberapa keperluan, diantaranya :

- a. Air Pendingin

Air pendingin mempunyai peran penting dalam menjaga kestabilan suhu mesin serta mencegah terjadinya panas berlebih (overheating) selama proses produksi berlangsung. Air yang digunakan sebagai media pendingin harus mudah diperoleh dan tersedia dalam jumlah yang cukup besar. Air tersebut perlu mempunyai tingkat kejernihan yang tinggi dan bebas dari partikel-partikel kasar maupun halus agar tidak merusak sistem perpipaan maupun mesin yang sedang beroperasi. Selain itu, air tersebut juga harus stabil terhadap perubahan suhu, agar tidak mudah mengalami kerusakan maupun penyusutan.

- b. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang dipanaskan hingga berubah menjadi uap dan uap tersebut akan digunakan untuk berbagai kebutuhan proses industri. Air yang digunakan untuk umpan boiler harus terbebas dari mineral dan zat asam, karena kandungan tersebut dapat mengakibatkan korosi dan

pembentukan kerak (scaling) pada sistem boiler. Pembentukan kerak secara umum terbentuk akibat tingginya nilai kesadahan air yang bereaksi pada suhu tinggi, hingga membentuk endapan garam karbonat dan silikat yang dapat mengganggu efisiensi transfer panas dan merusak sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, sangat penting melakukan pengolahan air sebelum digunakan sebagai umpan boiler agar komponen yang dapat merusak sistem dapat dihilangkan, sehingga boiler dapat beroperasi dengan optimal.

c. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan secara langsung untuk berbagai tahapan produksi di lingkungan pabrik. Air proses perlu memenuhi standar kualitas yang meliputi kejernihan air, tidak mempunyai bau, tidak mempunyai rasa, dan tidak mengandung zat organik maupun anorganik. Kualitas air ini sangat penting untuk menjaga kelancaran proses produksi dan kredibilitas alat yang digunakan.

d. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan non-proses di lingkungan pabrik, seperti untuk perkantoran, perumahan, konsumsi minum, laboratorium, dan masjid. Air sanitasi perlu memenuhi standar kualitas yang meliputi kejernihan air, tidak mempunyai bau, tidak mempunyai rasa, tidak mengandung bakteri, tidak mengandung zat organik

maupun anorganik, dan tidak beracun. Kualitas air ini sangat penting agar aman digunakan dan tidak mengandung zat yang berbahaya, sehingga dapat mendukung kelancaran aktivitas di lingkungan pabrik.

5.2. Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air pada pabrik anilin yang diperoleh dari air sungai perlu melewati proses pengolahan air terlebih dahulu. Proses pengolahan air merupakan serangkaian proses yang dilakukan untuk mengubah air yang sebelumnya tercemar atau kotor menjadi bersih, aman, dan layak untuk digunakan maupun dikonsumsi. Berikut tahapan-tahapan dalam proses pengolahan air meliputi beberapa langkah penting, diantaranya :

a. Bak Pengendap Awal

Bak pengendap awal berguna sebagai tempat penampungan awal bagi air baku yang diambil dari sumber utama. Pada proses pengendapan awal, kotoran dalam air dipisahkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada tahap ini, partikel pengotor seperti pasir, lumpur, batu, dan partikel organik lainnya yang tidak dapat dipisahkan pada proses sebelumnya akan mengendap di dasar bak karena pengaruh gaya gravitasi.

b. Bak Pencampur Cepat

Bak pencampur cepat berguna sebagai tempat yang digunakan untuk mencampur bahan kimia secara merata ke dalam air baku. Dalam proses ini, bahan kimia koagulan ditambahkan untuk menggumpalkan partikel halus tersuspensi. Koagulan yang umum digunakan adalah aluminium sulfat (Al_2SO_4). Selain itu, penambahan bahan kimia lain seperti kalsium

hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan natrium karbonat (Na_2CO_3) yang berguna untuk mengurangi nilai kesadahan air dengan cara mengendapkan ion-ion kalsium dan magnesium yang terkandung didalamnya. Penambahan bahan kimia ini membantu menurunkan kadar kesadahan sehingga kualitas air menjadi lebih baik untuk proses pengolahan selanjutnya.

c. Clarifier

Pada unit clarifier, terjadi proses flokulasi di mana partikel-partikel kecil yang sulit mengendap bergabung menjadi flok yang lebih besar dan lebih berat sehingga mudah mengendap ke dasar tangki. Proses ini dimulai dengan memasukkan air baku ke dalam tangki pencampur, di mana air diaduk dengan cepat menggunakan agitator sambil ditambahkan bahan kimia. Bahan kimia tersebut berguna untuk mempercepat pembentukan flok sehingga proses flokulasi berjalan lebih efektif. Flok-flok yang terbentuk akan mengendap di dasar tangki, sementara air yang sudah jernih keluar melalui sisi clarifier secara overflow. Endapan yang terkumpul di dasar tangki akan dibuang secara berkala sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

d. Sand Filter

Air yang keluar dari clarifier akan dialirkan ke dalam sand filter untuk dilakukan penyaringan partikel pengotor yang masih tersisa dari proses sebelumnya. Sand filter berguna sebagai media penyaring untuk mengurangi kekeruhan air, sehingga air yang dihasilkan akan lebih jernih dan dapat memuni standar kualitas untuk di konsumsi maupun untuk keperluan industri. Air yang sudah bersih atau jernih akan dialirkan ke bak

penampungan air bersih, lalu diteruskan menuju menara air serta unit demineralisasi. Kemampuan penyaringan sand filter akan mengalami penurunan seiring berjalannya waktu akibat penumpukan partikel pengotor pada media filter. Dengan demikian, perlu dilakukan pembersihan secara rutin menggunakan metode backwashing.

e. Cooling Tower

Cooling tower merupakan alat yang berfungsi untuk mendinginkan suhu air panas hasil proses produksi dengan menggunakan udara sebagai media pendinginnya. Pendinginan terjadi melalui proses pengupan sebagian air. Selama proses penguapan, volume air yang hilang dalam bentuk uap akan diimbangi dengan penambahan air make-up dalam jumlah yang seimbang guna menjaga kestabilan laju perpindahan panas antara udara dan air. Selain itu, perlunya penambahan beberapa bahan kimia guna menjaga kualitas air pendingin agar terhindar dari korosif, kerak, dan bebas dari mikroorganisme yang dapat menyebabkan pertumbuhan lumut.

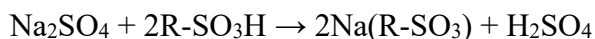
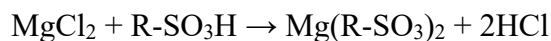
f. Demineralisasi

Air yang digunakan sebagai air umpan boiler harus mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi dan bebas dari kandungan garam yang terlarut. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses demineralisasi, yaitu proses penghilangan zat-zat terlarut seperti ion mineral atau garam dari air dengan menggunakan media penukar ion.

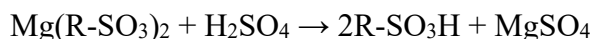
Berikut tahapan-tahapan dalam proses pengolahan air untuk umpan boiler, diantaranya :

1. Cation Exchanger

Cation exchanger merupakan sebuah unit yang mengandung resin yang berguna untuk menghilangkan ion bermuatan positif dalam larutan. Pada proses ini terjadi pertukaran ion antara kation dalam air, seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan natrium (Na^{+}), dengan ion hidrogen (H^{+}) yang terkandung dalam resin. Air yang keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^{+} yang belum mengalami pemisahan. Reaksi kimia yang terjadi pada pertukaran ion dalam cation exchanger adalah sebagai berikut :



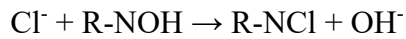
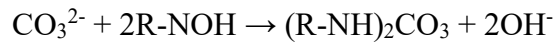
Kemampuan resin dalam menyerap kation akan menurun seiring berjalannya waktu akibat mengalami kejenuhan. Maka, resin perlu diregenerasikan kembali menggunakan asam sulfat. Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



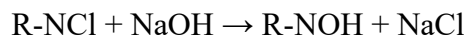
2. Anion Exchanger

Anion exchanger merupakan sebuah unit yang mengandung resin yang berguna untuk menghilangkan ion bermuatan negatif dalam larutan. Pada proses ini terjadi pertukaran ion antara anion dalam air, seperti karbonat (CO_3^{2-}), klorida (Cl^{-}), dan sulfat (SO_4^{2-}), dengan ion hidroksida (OH^{-}) yang terkandung dalam resin. Reaksi kimia yang

terjadi pada pertukaran ion dalam anion exchanger adalah sebagai berikut :



Kemampuan resin dalam menyerap anion akan menurun seiring berjalannya waktu akibat mengalami kejenuhan. Maka, resin perlu diregenerasikan kembali menggunakan natrium hidroksida. Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



3. Dearasi

Air umpan boiler yang sudah melewati proses demineralisasi menggunakan alat penukar kation dan anion akan dilanjutkan ke tahap daerasi pada deaerator. Daerasi bertujuan untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan hidrogen sulfida (H_2S). Keberadaan gas-gas tersebut sangat penting untuk dihilangkan karena dapat menyebabkan korosi pada sistem boiler. Air hasil demineralisasi dipompa ke dalam deaerator, kemudian dilakukan injeksi bahan kimia hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terdapat dalam air, sehingga dapat membantu mencegah terjadinya korosi pada boiler. Air yang telah melewati proses daerasi pada deaerator, selanjutnya akan dialirkan keluar menggunakan pompa sebagai air umpan boiler.

5.3. Kebutuhan Air

a. Air Pendingin

Dalam sistem utilitas pabrik, air pendingin berperan penting dalam menjaga kestabilan suhu mesin serta mencegah terjadinya overheating selama proses produksi. Penentuan kebutuhan air pendingin harus dilakukan secara teliti guna memastikan beban panas yang dihasilkan selama proses berlangsung dapat terpenuhi. Ada beberapa faktor pertimbangan dalam proses perhitungan tersebut, diantaranya seperti laju aliran panas, efisiensi sistem pendingin, serta kondisi operasi. Air yang digunakan sebagai media pendingin perlu mempunyai tingkat kejernihan yang tinggi dan bebas dari partikel-partikel kasar maupun halus agar tidak merusak sistem perpipaan maupun mesin yang sedang beroperasi. Kebutuhan air pendingin untuk keseluruhan proses produksi disajikan secara rinci dalam tabel berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Condensor 1 (CD-01)	71.411,14
Condensor 2 (CD-02)	71.037,12
Condensor 3 (CD-03)	51.546,14
Cooler 1 (CL-01)	2.365,016
Cooler 2 (CL-02)	2.608,153
Cooler 3 (CL-03)	10.157,7
Cooler 4 (CL-04)	669,8358

Total	209.795,1
-------	-----------

b. Air Kebutuhan Steam

Dalam sistem utilitas pabrik, penggunaan air steam berperan sebagai media pemanas. Air pemanas diperoleh dari hasil proses produksi pada air umpan boiler. Air tersebut harus memenuhi standar kualitas guna mencegah terjadinya korosi maupun pembentukan kerak didalam sistem boiler. Air pemanas berperan dalam menyediakan air yang dibutuhkan untuk produksi uap yang digunakan dalam berbagai proses industri, seperti untuk pemanasan, pemurnian, pembangkitan energi, maupun sebagai media penghantaran panas. Kebutuhan air steam untuk keseluruhan proses produksi disajikan secara rinci dalam tabel berikut :

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Steam

Alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Vaporizer (V-01)	1.753,85
Reboiler 1 (RB-01)	2.256,923
Reboiler 2 (RB-02)	1.590,771
Heat Exchanger 1 (HE-01)	735,0864
Heat Exchanger 2 (HE-02)	14,09102
Heat Exchanger 3 (HE-03)	110,5025
Total	6.461,223

Jumlah kebutuhan air pada alat Waste Heat Boiler (WHB) sebesar 152,2439 kg/Jam. Maka total steam yang dihasilkan pada pabrik anilin sebesar 6.308,979 kg/Jam.

5.4. Total Kebutuhan Air

a. Air untuk Kantor dan Perumahan

Pada lingkungan pabrik terdapat 5 rumah dinas dengan masing-masing rumah berisi 3 orang. Jumlah kebutuhan air untuk perumahan tersebut dirancang sebesar 300 liter/orang.hari. Maka total kebutuhan air untuk perumahan sebesar :

$$5 \text{ rumah} \times 3 \text{ orang} \times 300 \text{ liter/orang.hari} \times \text{hari}/24 \text{ Jam} = 187.5 \text{ liter/Jam.}$$

Jumlah kebutuhan air akan dikalikan dengan rapat massa 1 kg/Jam, sehingga massa air untuk perumahan sebesar 187.5 kg/Jam. Sedangkan untuk kebutuhan air pada perkantoran dirancang sebesar 150 liter/orang.hari untuk 231 orang pekerja. Maka total kebutuhan air untuk perkantoran sebesar :

$$231 \text{ orang} \times 150 \text{ liter/orang.hari} \times \text{hari}/24 \text{ Jam} = 1443.75 \text{ liter/Jam.}$$

Jumlah kebutuhan air akan dikalikan dengan rapat massa 1 kg/Jam, sehingga massa air untuk perkantoran sebesar 1443.75 kg/Jam.

b. Air untuk Layanan Umum dan Hidran

Air layanan umum dan hidran disediakan untuk sumber kebutuhan air untuk berbagai keperluan operasional pabrik dan sebagai serana untuk penanggulangan darurat kebakaran pada area pabrik. Air untuk perumahan dan perkantoran digunakan sekali pakai dan akan langsung

dialirkan ke unit pengolahan limbah. Jumlah air untuk layanan umum dan hidran pada lingkungan pabrik anilin sebesar 1631.25 kg/Jam.

c. Air untuk media pendingin

Sistem pendingin pada pabrik anilin menggunakan menara pendingin tertutup dimana air yang telah digunakan dengan suhu maksimum sebesar 50°C mengalami proses pendinginan melalui kontak langsung dengan udara didalam menara, sehingga terjadi transfer panas dari air ke udara dan transfer massa dari air ke udara. Setelah proses pendinginan, air yang keluar dari menara kembali turun hingga 30°C , dan terjadinya penguapan yang menyebabkan massa air berkurang. Menurut Process Equipment Handbook Vol III oleh Evan, kebutuhan air makeup pendingin untuk menggantikan air yang hilang akibat penguapan diperkirakan sebesar 12.5% dari total massa pendingin yang diperlukan. Hasil perhitungan kebutuhan air makeup untuk sistem pendingin sebesar 26.224,39 kg/Jam.

d. Air untuk umpan boiler

Air diperlukan sebagai umpan pada boiler untuk menghasilkan uap. Sebagian besar air akan mengalami proses sirkulasi kembali dalam sistem, namun terdapat 10% uap yang hilang agar tidak timbul sebuah kerak pada boiler. Maka dibutuhkan air makeup untuk pengganti dari uap yang hilang tersebut. Massa air makeup yang dibutuhkan untuk boiler sebesar 15,22439 kg/Jam.

5.5 Unit Pembangkit Steam

Unit pembangkit steam berperan sebagai unit yang menyediakan uap untuk berbagai keperluan pada proses industri melalui ketel uap (boiler). Didalam boiler, air akan dipanaskan menggunakan sumber panas berupa pembakaran bahan bakar. Selama proses pemanasan, air akan secara bertahap mencapai titik didih dan akan berubah menjadi uap. Uap yang dihasilkan tersebut akan dimanfaatkan sebagai steam bagi beberapa alat seperti heat exchanger, vaporizer, dan reboiler. Jenis steam yang digunakan pada pabrik anilin berupa saturated steam dengan suhu steam sebesar 276,85 °C. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh steam yang dihasilkan sebesar 6.308,979 kg/Jam.

5.6 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berperan sebagai unit yang menyediakan tenaga listrik untuk berbagai keperluan didalam pabrik seperti untuk mengoperasikan alat-alat industri, untuk sumber penerangan, untuk utilitas, dan untuk fasilitas penunjang lainnya. Pada pabrik anilin digunakan dua sumber tenaga listrik, yaitu tenaga listrik yang di supply dari PT Perusahaan Listrik Negara (PT PLN) sebagai sumber listrik utama dan generator sebagai sumber listrik cadangan. Generator yang digunakan pada pabrik anilin adalah generator diesel dengan spesifikasi arus bolak-balik dengan kapasitas sebesar 8.000 kW dan bahan bakar yang digunakan ialah solar. Generator diesel berperan sebagai sumber cadangan listrik apabila sumber listrik utama terjadi hambatan atau pemadaman sehingga operasional pabrik dapat

berjalan dengan baik dan terhindar dari gangguan. Kebutuhan listrik untuk berbagai unit didalam pabrik disajikan secara rinci dalam tabel berikut :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik

No	Alat	hp	kW
1	Pompa P-01	1	0,7457
2	Pompa P-02	0,5	0,3729
3	Pompa P-03	0,5	0,3729
4	Pompa P-04	1	0,7457
5	Pompa P-05	0,5	0,3729
6	Pompa P-06	0,5	0,3729
7	Pompa P-07	0,5	0,3729
8	Pompa Utilitas PU-01	3	2,2371
9	Pompa Utilitas PU-02	0,75	0,5593
10	Pompa Utilitas PU-03	0,75	0,5593
11	Pompa Utilitas PU-04	5	3,7286
12	Pompa Utilitas PU-05	20	14,914
13	Pompa Utilitas PU-6	0,5	0,3729

14	Kompresor K-01	0,5	0,3729
15	Pengaduk CT (Fan)	25	18,643
16	Pengaduk BPC	0,5	0,3729
17	Pengaduk Clarifier (Rake)	1	0,7457
Total		61,5	45,8613

Kebutuhan listrik untuk alat control, kantor, penerangan dan bengkel dirancang sebesar 7.500 kW. Maka diperoleh daya total sebesar 7545.86 kW.

5.7 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan berperan sebagai unit yang menyediakan kebutuhan udara bertekanan untuk pengoperasian peralatan kontrol yang bekerja secara pneumatik. Alat kontrol yang digunakan pada pabrik anilin sebanyak 49 alat, maka total kebutuhan udara tekan yang disediakan sebesar 83,3 m³/jam dengan kondisi tekanan 4 atm.

5.8 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berperan sebagai unit yang menyediakan kebutuhan bahan bakar pada pabrik. Bahan bakar akan digunakan untuk proses pembakaran pada boiler dan untuk mengoperasikan generator sebagai cadangan listrik. Kebutuhan bahan bakar pada boiler menggunakan bahan bakar fuel oil dengan total kebutuhan sebesar 3.797.750 liter/tahun. Serta generator sebagai cadangan listrik dengan kapasitas 8.000 kW yang

menggunakan bahan bakar solar dengan total kebutuhan sebesar 262.786 liter/tahun.

5.9 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berperan sebagai unit untuk mengolah limbah yang dihasilkan selama proses produksi agar aman dan ramah lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah pada pabrik anilin berupa limbah cair dan padat. Limbah-limbah tersebut harus dikelola dengan baik agar tidak mencemari lingkungan. Pengolahan limbah cair diawali dengan penyaringan untuk memisahkan padatan besar, kemudian dilanjutkan dengan proses koagulasi-flokulasi untuk menjernihkan air dengan menghilangkan partikel halus yang tersuspensi. Setelah itu limbah dialirkan ke dalam tangki aerasi untuk menguraikan senyawa organik menggunakan mikroorganisme. Limbah cair yang telah melewati serangkaian proses pengolahan harus di uji kualitasnya terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan kembali untuk keperluan tertentu. Sedangkan untuk limbah padat yang dihasilkan dari utilitas masih terdapat kandungan lumpur yang cukup tinggi, maka limbah padat tersebut dikumpulkan lalu dikeringkan supaya dapat memenuhi standar pada lingkungan sebelum dibuang.

5.10 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 4 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Memompa air sungai sebanyak	Memompa air sebanyak 3.469,313	Memompa air sebanyak 33.044,108

	36.431,129 kg/jam menuju bak pengendap awal	kg/jam dari pengendap awal ke bak klarifikasi	kg/jam dari bak klarifikasi ke saringan pasir
Jumlah	1	1	1
Tipe	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Bahan	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	0,010171 m ³ /s	0,00969 m ³ /s	0,009225 m ³ /s
Efisiensi Pompa	84%	80%	80%
Daya Motor (hp)	3	0,75	0,75
IPS	6	6	6
<i>Schedule Number</i>	40	40	40
OD (in)	6,625	6,625	6,625
ID (in)	6,065	6,065	6,065

Lanjutan Tabel 5.4 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Memompa air sebanyak 30.994,388	Memompa air sebanyak 209.795,11	Memompa air sebanyak 7.109,037

	kg/jam dari bak air bersih ke bak air minum, tangki umpan boiler dan cooling tower	kg/jam dari pengendap awal ke bak klarifikasi	kg/jam dari umpan boiler ke WHB
Jumlah	1	1	1
Tipe	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Bahan	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	0,008653 m ³ /s	0,058569 m ³ /s	0,001985 m ³ /s
Efisiensi Pompa	84%	87%	80%
Daya Motor (hp)	5	20	0.5
IPS	6	10	3
<i>Schedule Number</i>	40	40	40
OD (in)	6,625	10,75	3,5
ID (in)	6,065	10,02	3,068

Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode Alat	BPA (Bak Pengendap Awal)	BPC (Bak Pencampur Cepat)	<i>Clarifier</i>
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air Sungai	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Jumlah	1	1	1
Tipe	Bak persegi Panjang	Bak silinder tegak dilengkapi pengaduk	Bak silinder tegak dengan bentuk kerucut
Bahan	Beton bertulang	Baja karbon	Baja karbon
Volume (m ³)	1.054,489	0,697	209,224
Panjang (m)	28,122		
Lebar (m)	9,374		
Tinggi (m)		1	3,673
Diameter (m)		1	7,346

Lanjutan Tabel 5.5 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode Alat	BAB (Bak Air Bersih)	BAM (Bak Air Minum)
Fungsi	Menampung air bersih untuk kantor pelayanan dan rumah tangga	Menampung air bersih untuk kantor pelayanan dan rumah tangga
Jumlah	1	1
Tipe	Bak persegi panjang	Bak persegi panjang
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang
Volume (m ³)	313,993	29,668
Panjang (m)	15,346	4,717
Lebar (m)	5,115	1,572

Tabel 5. 6 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode Alat	TK (Tangki Penukar Kation)	TA (Tangki Penukar Anion)	TNaCl
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Jumlah	2	2	1

Tipe	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon
Volume (m ³)	1,011	0,324	0,781
Tinggi (m)	1,305	0,893	0,939
Diameter (m)	1,088	0,744	0,939

Lanjutan Tabel 5.6 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode Alat	TNaOH	Tangki Umpan Boiler	Tangki Kondensat
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan air umpan boiler selama 8 jam	Menyimpan air umpan boiler selama 1 jam
Jumlah	1	1	1
Tipe	Tangki silinder tegak	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator	Tangki silinder horizontal
Bahan	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon
Volume (m ³)	0,25	66,72	7,401
Panjang (m)		9,144	4,394
Tinggi (m)	0,643		

Diameter (m)	0,643	3,048	1,465
--------------	-------	-------	-------

Tabel 5. 7 Spesifikasi Sand Filter

Kode Alat	<i>Sand Filter</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang masih terbawa air dari <i>clarifier</i>
Jumlah	1
Tipe	Bak empat persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
Volume (m ³)	6,111
Panjang (m)	2,313
Lebar (m)	2,313

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada perancangan pabrik anilin ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan menguntungkan atau tidak. Evaluasi ekonomi penting dilakukan untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi yang kembali dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Dalam evaluasi ekonomi terdapat beberapa faktor yang harus ditinjau diantaranya yaitu :

1. *Return Of Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow (DCF)*
4. *Break Event Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*

Untuk meninjau faktor-faktor di atas perlu diadakan perhitungan atau penaksiran biaya yang meliputi :

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*) meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*) meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)

b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas maka diperlukan perkiraan terhadap :

a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

b. Biaya variable (*Variable Cost*)

c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang memengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun, diperlukan metode atau suatu cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan pada tahun tersebut, indeks harga tersebut disebut dengan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI). Analisis ini menggunakan indeks harga peralatan dari tahun 1987 sampai 2020.

Tabel 6. 1 Indeks Harga Per Tahun

No	Tahun	Index
1	1987	322.7
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	357.6
5	1991	361.3
6	1992	358.2

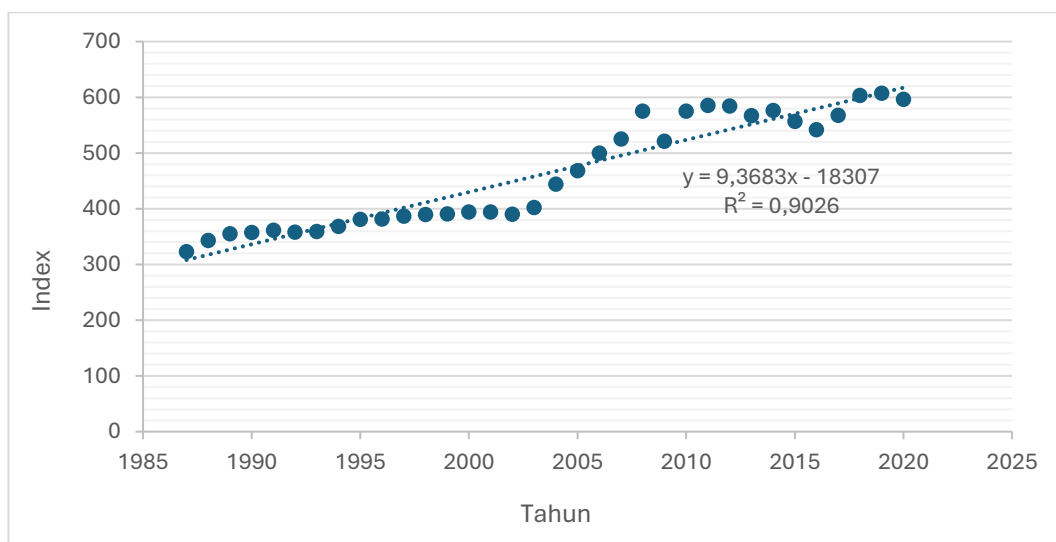
7	1993	359.2
8	1994	368.1
9	1995	381.1
10	1996	381.7
11	1997	386.5
12	1998	389.5
13	1999	390.6
14	2000	394.1
15	2001	394.3
16	2002	390.4
17	2003	402
18	2004	444.2
19	2005	468.2
20	2006	499.6
21	2007	525.4
22	2008	575.4
23	2009	521.4
24	2010	575.4
25	2011	585.7
26	2012	584.6
27	2013	567.3
28	2014	576.1
29	2015	556.8

30	2016	541.7
31	2017	567.5
32	2018	603.1
33	2019	607.5
34	2020	596.2

Berdasarkan tabel di atas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$Y = 9.3683x - 18307 \quad [6.1]$$

Rencana pendirian pabrik anilin yaitu pada tahun 2030. Dengan menggunakan persamaan di atas, dapat mensubstitusikan nilai x menjadi 2030, maka diperoleh indeks harga pada tahun 2030 sebesar 710,65. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tahun dan indeks harga yang ditunjukkan pada gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Grafik Index vs Tahun

Setelah diperoleh indeks harga dilanjutkan dengan menentukan harga alat berdasarkan indeks tahun yang diinginkan dan juga indeks tahun referensi dengan menggunakan rumus :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad [6.2]$$

Dimana :

N_x = Indeks harga tahun 2030

N_y = Indeks harga tahun referensi

E_x = Harga pembelian pada tahun 2030

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi

(Aries & Newton, 1955)

6.2. Dasar Perhitungan

Analisis pabrik anilin disusun berdasarkan pada dasar-dasar perhitungan sebagai berikut :

Kapasitas pabrik : 21.000 ton/tahun

Satu tahun produksi : 330 hari

Pabrik beroperasi : 2030

Umur alat : 10 tahun

Nilai kurs : 1 USD = Rp 16.300

6.3. Perhitungan Biaya

Untuk menghitung biaya yang diperlukan dalam mendirikan sebuah pabrik diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dinyatakan layak secara ekonomis. Berikut beberapa tahapan yang perlu dilakukan :

6.3.1. *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik serta pengoperasiannya. Dalam hal ini, pabrik harus menyediakan sejumlah dana untuk pembuatan, konstruksi, dan pengoperasian pabrik dalam jangka waktu tertentu. *Capital investment* terdiri dari modal tetap dan modal kerja.

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment atau modal tetap merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik. Perhitungan *Fixed Capital Investment* meliputi bangunan, mesin, peralatan, instalasi listrik dan mekanik, serta infrastruktur pendukung lainnya.

Tabel 6. 2 *Physical Plant Cost (PPC)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$ 89.968.473	Rp29.281.408.000
<i>Instalasi Cost</i>	\$ 386.227	Rp56.910.150.000
<i>Piping Cost</i>	\$ 332.335	Rp72.976.275.000
<i>Instrumentation Cost</i>	\$ 10.805.378	Rp5.335.308.000
<i>Insulation Cost</i>	\$ 2.739.518	Rp8.892.180.000

<i>Electrical Cost</i>		Rp219.610.560.000
<i>Building Cost</i>		Rp37.508.750.000
<i>Land and Yard Improvement</i>		Rp90.000.000.000
<i>Utilities</i>	\$ 82.970	Rp82.908.074.000
Total Physical Plant Cost	\$ 104.314.901	Rp603.422.705.000

Tabel 6. 3 *Direct Plant Cost (DPC)*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Engineering and Construction</i>	\$ 20.862.980	Rp120.684.541.000
Total PPC + DPC	\$ 125.177.881	Rp724.107.246.000

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Total Direct Plant Cost</i>	\$ 125.177.881	Rp724.107.246.000
<i>Contractor Fee</i>	\$ 12.517.788	Rp72.410.725.000
<i>Contingency</i>	\$ 18.776.682	Rp108.616.087.000
Total Fixed Capital Investment	\$ 156.472.351	Rp905.134.058.000

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment merupakan biaya atau modal yang diperlukan untuk untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama jangka waktu tertentu. Perhitungan *Working Capital*

Investmen ini mencakup gaji karyawan, biaya utilitas, serta pengeluaran operasional lainnya.

Tabel 6. 5 Working Capital

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material Inventory</i>		Rp12.779.067.000
<i>In Process Inventory</i>	\$ 45.164	Rp983.207.000
<i>Product Inventory</i>	\$ 2.483.999	Rp54.076.368.000
<i>Extended Credit</i>	\$ 4.967.997	Rp108.152.736.000
<i>Availbale Cash</i>	\$ 2.483.999	Rp54.076.368.000
Total Working Capital (WC)	\$ 9.981.159	Rp230.067.746.000

6.3.2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *direct cost* (biaya langsung), *indirect cost* (biaya tidak langsung), dan *fixed manufacturing cost* yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut (Aries & Newton,1995), *manufacturing cost* meliputi :

a. *Direct Manufacturing Cost*

Direct manufacturing cost adalah pengeluaran langsung yang berkaitan dengan pembuatan produk yang meliputi *raw material*, *labor cost*, *supervisor cost*, *maintenance cost*, *plant supplies*, *royalty and patents*, dan *utilities*.

Tabel 6. 6 *Direct Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>		Rp153.348.800.000
<i>Labor</i>		Rp4.896.000.000
<i>Supervision</i>		Rp734.400.000
<i>Maintenance</i>	\$ 10.953.065	Rp63.359.384.000
<i>Plant Supplies</i>	\$ 1.642.960	Rp9.503.908.000
<i>Royalties and Patents</i>		Rp26.747.814.000
<i>Utilities</i>		Rp110.361.556.000
Total Direct Manufacturing Cost	\$ 12.596.025	Rp368.951.862.000

b. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect manufacturing cost merupakan pengeluaran tidak langsung terkait dengan pembuatan produk. *Indirect manufacturing cost* meliputi *payroll overhead*, *laboratory*, *plant overhead*, *packaging*, dan *shipping*.

Tabel 6. 7 *Indirect Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Payroll Overhead</i>	Rp979.200.000
<i>Laboratory</i>	Rp979.200.000
<i>Plant Overhead</i>	Rp4.896.000.000
<i>Packaging</i>	Rp133.739.070.000
<i>Shipping</i>	Rp5.250.000.000
Total Indirect Manufacturing Cost	Rp145.843.470.000

c. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed manufacturing cost merupakan pengeluaran tetap yang tidak bergantung kepada waktu dan tingkat produksi. *Fixed manufacturing cost* meliputi *depreciation*, *property taxes*, dan *insurance*.

Tabel 6. 8 *Fixed Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depreciation</i>	\$ 15.647.235	Rp90.513.406.000
<i>Property Taxes</i>		Rp34.556.334.000
<i>Insurance</i>	\$ 1.564.724	Rp9.051.341.000
Total Fixed Manufacturing Cost	\$ 17.221.959	Rp134.121.081.000

Tabel 6. 9 *Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$ 12.596.025	Rp368.951.862.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp145.843.470.000
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	\$ 17.211.959	Rp134.121.081.000
Total Manufacturing Cost	\$ 29.807.984	Rp648.916.413.000

6.3.3. *General Expense*

General expense atau biaya pengeluaran umum adalah biaya yang dikeluarkan untuk mendukung operasional pabrik sehari-hari. *General expense* meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dengan *manufacturing cost* diantaranya meliputi *administration*, *sales expense*, *research*, dan *finance*.

1. *Administration*

Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2- 3% dari hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*. Biaya administrasi ini mencakup *management salaries*, *legal fees*, *auditing* dan biaya kantor.

2. *Sales*

Sales merupakan biaya penjualan yang dikeluarkan untuk penjualan produk seperti biaya iklan dan biaya distribusi. Besarnya

biaya *sales* diperkirakan 3-12% dari harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*.

3. *Research*

Research atau penelitian sangat penting dilakukan untuk menjaga mutu dan inovasi pabrik ke depan. Selain untuk penelitian, biaya *research* juga dikeluarkan untuk biaya pengembangan produk. Dalam industri kimia, biaya riset sebesar 2,8% dari harga penjualan.

4. *Finance*

Finance atau biaya keuangan adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengelola dana perusahaan meliputi pinjaman bunga, biaya bank, dan jasa keuangan.

Berikut merupakan rincian biaya yang meliputi *general expense* :

Tabel 6. 10 *General Expense*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Administration</i>		Rp401.217.209.000
<i>Sales</i>		Rp53.495.628.000
<i>Research</i>		Rp66.869.535.000
<i>Finance</i>	\$ 4.993.605	Rp73.788.117.000
Total General Expense	\$ 4.993.605	Rp595.370.489.000

Tabel 6. 11 *Production Cost*

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
Total <i>Manufacturing Cost</i>	\$ 29.807.984	Rp648.916.413.000

Total <i>General Expense</i>	\$ 4.993.605	Rp595.370.489.000
Total <i>Production Cost</i>	\$ 34.801.589	Rp1.244.286.902.000

6.4. Analisa Resiko

Analisa resiko perlu dilakukan sebelum melakukan analisa kelayakan pendirian pabrik guna menentukan apakah pabrik mempunyai resiko yang rendah (*low risk*) atau mempunyai resiko yang tinggi (*high risk*). Adapun faktor dalam menentukan resiko pada pabrik anilin yang akan berdiri, diantaranya :

6.4.1. Kondisi operasi

Proses operasi yang digunakan ialah proses hidrogenasi nitrobenzene dengan tekanan 3 atm. Proses tersebut mempunyai proses yang lebih sederhana, bahan yang digunakan lebih sedikit dan juga lebih ekonomis. Berdasarkan kondisi operasi keseluruhan pabrik, suhu operasional maksimum berada pada alat reaktor sebesar 250°C.

6.4.2. Karakteristik bahan baku dan produk

a. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan ialah hidrogen dan nitrobenzene dengan impuritas benzene. Nitrobenzene merupakan senyawa organik yang berbentuk cairan minyak yang berwarna kuning pucat, serta bersifat tidak larut dalam air dan beracun. Benzene merupakan senyawa organik yang berbentuk cairan tak berwarna yang mudah menguap dengan bau manis khas, serta bersifat tidak larut dalam air dan mudah terbakar. Hidrogen berbentuk gas, tidak berwarna, tidak

berbau, bersifat non logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar.

b. Produk

Produk yang dihasilkan adalah anilin. Anilin merupakan senyawa organik yang berbentuk cairan yang tidak bewarna, berminyak dan memiliki bau khas, serta bersifat sedikit larut dalam air, mudah terbakar dan mudah menguap.

6.4.3. Sumber bahan baku

Bahan baku dapat diperoleh dengan terjangkau dari segi jarak maupun kemudahan transportasi. Salah satu bahan baku yaitu benzene didapatkan dari PT Trans-Pasific Petrochemical Indotama yang berlokasi di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Lokasi tersebut juga merupakan lokasi berdirinya pabrik anilin. Sedangkan bahan baku nitrobenzene didapatkan melalui impor dari negara lain. Sarana transportasi untuk pengangkutan bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalur darat melalui jalan pantura maupun jalur laut melalui Pelabuhan Tanjung Awar-Awar. Dengan tersedianya sarana tersebut, maka diharapkan proses produksi dan distribusi produk dapat berjalan lancar serta terjamin, baik untuk pasar domestik maupun internasional.

Berdasarkan faktor-faktor dari segi kondisi operasi, karakteristik bahan baku dan produk, serta sumber bahan baku yang telah diuraikan diatas, pabrik anilin mempunyai resiko yang rendah (*low risk*).

6.5. Analisa Keuntungan

Tabel 6. 12 Analisa Keuangan

Hasil Penjualan	: Rp 2.674.781.391.000
Biaya Produksi	: Rp 1.811.552.803.000
Keuntungan Sebelum Pajak	: Rp 863.228.588.000
Pajak Pendapatan	: Rp 189.910.289.000
Keuntungan Setelah Pajak	: Rp 673.318.299.000

6.6. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan pabrik sangat penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sebuah pabrik layak didirikan serta beroperasi, serta melihat manfaat yang terlibat dan dampak-dampak yang mungkin terjadi setelah pabrik didirikan. Analisa kelayakan dapat dilakukan dengan perhitungan *Return On Investment (ROI)*, *Break Even Point*, *Shut Down Point*, dan *Discounted Cash Flow of Return*.

6.6.1. Return On Investment (ROI)

Return On Investment adalah salah satu bagian dari rasio profitabilitas yang dimaksudkan untuk mengukur kemampuan dalam menghasilkan keuntungan dengan tingkat keseluruhan dana yang tersedia dalam aktivitas perusahaan. *Return On Investment* yang tinggi menunjukkan keadaan perusahaan yang semakin baik dan sebaliknya akan menunjukkan efektivitas perusahaan yang semakin rendah

(Munawir, 2014). Nilai minimum ROI sebelum pajak yang dimiliki pabrik kimia dengan risiko rendah adalah sebesar 11%.

Return On Investment dapat ditemukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad [6.3]$$

1. *ROI* b (Keuntungan Sebelum Pajak)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% = 25\%$$

2. *ROI* a (Keuntungan Setelah Pajak)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% = 19\%$$

6.6.2. Pay Out Time

Pay Out Time secara umum adalah waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Pay Out Time* juga didefinisikan sebagai jumlah tahun yang telah berselang sebelum diperoleh suatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment oleh profit dikurangi depresiasi. Pada pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal lima tahun sedangkan pabrik dengan risiko lebih tinggi mempunyai nilai POT maksimal dua tahun. *Pay Out Time* dapat ditemukan melalui persamaan :

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit (keuntungan) Depresiasi}} \times 100\% \quad [6.4]$$

1. *POT* b (Keuntungan Sebelum Pajak)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi})} = 2,9 \text{ tahun}$$

2. *POT* a (Keuntungan Setelah Pajak)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi})} = 3.4 \text{ tahun}$$

6.6.3. Break Even Point

Break Even Point adalah titik impas dimana perusahaan memiliki besar jumlah total penghasilan sama dengan jumlah total biaya yang dikeluarkan. Perusahaan tidak mengalami laba dan juga tidak mengalami kerugian yang berarti biaya dapat ditutupi oleh hasil penjualan (Harahap, 2007). *Break Even Point* penting dilakukan untuk mengetahui hubungan antara biaya tetap, biaya variable, keuntungan, dan volume kegiatan dalam perusahaan. Perusahaan akan memperoleh laba bersih jika penjualan melebihi biaya yang harus dikeluarkan, sedangkan perusahaan akan menderita kerugian apabila penjualan berada dibawah titik impas. Harga *Break Even Point* ada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas (Aries dan Newton, 1995). Biaya-biaya yang diperitungkan dalam BEP meliputi gaji staf, biaya depresiasi, komisi penjualan, bahan baku, dan upah tenaga kerja langsung. Persamaan *Break Even Poin* (BEP) dapat ditentukan dengan cara berikut :

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

BEP = *Break Even Point*

$F_a = \text{Annual Fixed Manufacturing Cost}$

$R_a = \text{Annual Regulated Cost}$

$S_a = \text{Annual Sales Price}$

$V_a = \text{Annual Variable Cost}$

Tabel 6. 13 Total Annual Fixed Manufacturing Cost (F_a)

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depreciation</i>	\$ 15.647.235	Rp90.513.406.000
<i>Taxes</i>		Rp34.556.334.000
<i>Insurance</i>	\$ 1.564.724	Rp9.051.341.000
Total F_a	\$ 17.211.959	Rp134.121.081.000

Tabel 6. 14 Total Annual Regulated Expenses (R_a)

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Labor</i>		Rp4.896.000.000
<i>Payroll Overhead</i>		Rp979.200.000
<i>Plant Overhead</i>		Rp4.896.000.000
<i>Plant Supplies</i>	\$ 1.642.960	Rp9.503.908.000
<i>Supervision</i>		Rp734.400.000
<i>Laboratory</i>		Rp979.200.000
<i>General Expense</i>	\$ 4.993.605	Rp595.370.489.000
<i>Maintenance</i>	\$ 10.953.065	Rp63.359.384.000

Total Ra	\$ 17.589.630	Rp679.984.181.000
-----------------	----------------------	--------------------------

Tabel 6. 15 Total Annual Variable Value (Va)

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>	Rp153.348.800.000
<i>Packaging</i>	Rp133.739.070.000
<i>Shipping</i>	Rp5.250.000.000
<i>Utilities</i>	Rp110.361.556.000
<i>Royalties and Patents</i>	Rp26.747.814.000
Total Va	Rp429.447.240.000

Tabel 6. 16 Total Annual Sales Value (Sa)

Komponen	Biaya (Rp)
<i>Annual Sales Value</i>	Rp966.695.150.000
Total Sa	Rp966.695.150.000

Nilai BEP dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai Fa, Ra, Sa, dan Va, ke dalam persamaan BEP, sehingga diperoleh nilai *Break Even Point* sebesar 44,92 %.

6.6.4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu kondisi dimana pabrik mencapai biaya total melebihi penjualan totalnya. *Shut Down Point* disebabkan antara lain karen *variable cost* yang terlalu tinggi. Apabila perusahaan

tetap beroperasi dan menjual semua output yang dihasilkan, maka perusahaan akan rugi sebesar biaya tetapnya.

Kerugian juga akan dialami perusahaan apabila perusahaan tidak memproduksi. Pada titik ini, menutup pabrik lebih menguntungkan daripada tetap mengoperasikannya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut :

$$SDP = \frac{(0,3 \times Ra)}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)} \times 100\% \quad [6.6]$$

$SDP = Shut\ Down\ Point$

$Ra = Regulated\ Cost$

$Sa = Sales\ Price$

$Va = Variable\ Cost$

Nilai SDP dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai Fa , Ra , Sa , dan Va , ke dalam persamaan SDP, sehingga diperoleh nilai *Shut Down Point* sebesar 18,49 %.

6.6.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return merupakan salah satu cara untuk menganalisa kelayakan ekonomi pabrik. *Discounted Cash Flow Rate of Return* dapat didefinisikan juga sebagai jumlah dari keuntungan yang tidak dapat digunakan untuk pinjaman modal dan bunganya. *Discounted Cash Flow Rate of Return* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$(FC + WC)(1 + i)^n - C \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad [6.7]$$

$FC = \text{Fixed Capital}$

$WC = \text{Working Capital}$

$SV = \text{Salvage Capital}$

$C = \text{Cash Flow (Keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance)}$

$n = \text{Umur Pabrik}$

$i = \text{Nilai DCFR}$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai DCFR diperoleh sebagai berikut :

Umur pabrik = 10 tahun

$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 905.134.058.000$

$\text{Working Capital Investment} = \text{Rp } 230.067.746.000$

$\text{Salvage Value} = \text{Rp } 127.508.750.000$

$\text{Cash Flow} = \text{Laba sesudah pajak + depresiasi + finansial}$

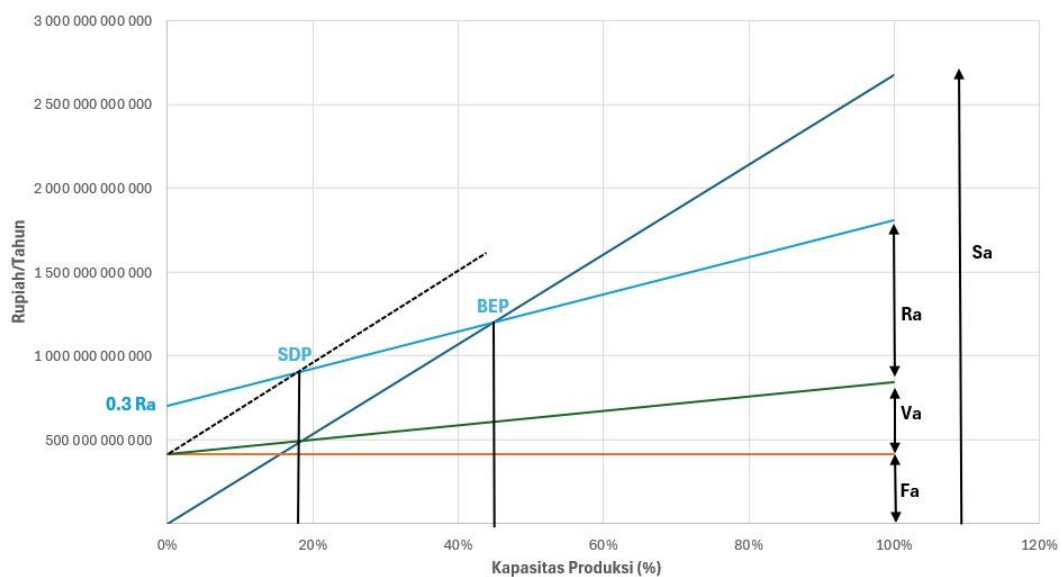
$\text{Cash Flow} = \text{Rp } 4.495.905.554.000$

$\text{Discounted cash flow}$ dihitung secara trial dan error, didapat nilai $I = 69 \%$.

Tabel 6. 17 Analisa Kalayakan

Parameter	Terhitung	Keterangan
ROI sebelum pajak	25%	Menurut Aries dan Newton, pabrik industri kimia dapat dianggap layak apabila ROI sebelum pajak minimal mencapai 11%. Oleh sebab itu, pendirian pabrik anilin dapat dianggap layak untuk di dirikan.
POT sebelum pajak	2,9 tahun	Menurut Aries dan Newton, pabrik industri kimia mempunyai waktu maksimal yaitu 5 tahun untuk dapat dianggap beresiko rendah. Oleh sebab itu, pendirian pabrik anilin dapat dianggap layak untuk di dirikan.
BEP	44,92%	Menurut Aries dan Newton, nilai BEP mempunyai rentang nilai dari 40%-60%. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa hasil tersebut sudah

		memenuhi syarat untuk dianggap layak.
SDP	18,49%	Nilai SDP yang diperoleh sudah memenuhi.
DCFR	69%	Diketahui bahwa suku bunga bank sebesar 5,5%. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa hasil DCFR melebihi nilai minimum.



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

Keterangan :

BEP : *Break Even Point*

SDP : *Shut Down Point*

Fa : *Annual fixed manufacturing cost*

Ra : *Annual regulated cost*

Sa : *Annual sales value*

Va : *Annual variable value*

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pra-rancangan pabrik anilin, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pabrik anilin dengan kapasitas 21.000 ton/tahun direncanakan akan berlokasi di Tuban, Jawa Timur dengan lahan seluas 53.136 m².
2. Dari hasil analisis dan evaluasi ekonomi, pabrik anilin ini memiliki keuntungan dan parameter kelayakan sebagai berikut :
 - b. Hasil penjualan pabrik anilin sebesar Rp 2.647.781.391.000/tahun.
 - c. Keuntungan sebelum pajak didapat sebesar Rp 863.228.588.000/tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 673.318.299.000/tahun.
 - d. Hasil *Return On Investment* menunjukkan nilai :
 - *Return On Investment* sebelum pajak (ROIa) = 25 %
 - *Return On Investment* setelah pajak (ROIb) = 19 %

Nilai tersebut memenuhi syarat minimum ROI minimum 11% untuk pabrik berisiko rendah.

- d. Hasil *Pay Out Time* menunjukkan nilai :
 - *Pay Out Time* sebelum pajak = 2,9 tahun
 - *Pay Out Time* setelah pajak = 3,4 tahun

Nilai tersebut memenuhi syarat POT maksimum 5 tahun untuk pabrik berisiko rendah.

e. *Break Even Point* (BEP) pada pabrik anilin sebesar 44,9 %, nilai tersebut berada dalam rentang BEP 40-60%.

f. *Shut Down Point* diperoleh sebesar 18,49%.

g. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) diperoleh sebesar 69%.

Dari hasil analisa ekonomi di atas, pabrik anilin memenuhi syarat kelayakan teknis dan ekonomi sehingga dinyatakan layak untuk dikaji lebih lanjut.

7.2. Saran

Berdasarkan hasil studi dan analisis yang dilakukan dalam pra-rancangan pabrik, didapat beberapa saran yang diajukan untuk mendukung kelayakan pendirian pabrik kimia ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan alat seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan untuk mendapatkan keuntungan yang lebih optimal.
2. Dalam pra-rancangan pabrik kimia tidak terlepas dari produksi limbah sehingga diharapkan pengolahan limbah pabrik secara efisien dan optimal serta terciptanya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.
3. Pabrik anilin ini diharapkan menjadi sarana yang dapat memenuhi kebutuhan anilis di masa mendatang yang jumlahnya akan semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency For Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007). *Toxicological Profile for Benzene*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Amini, B., & Lowenkron, S. (2003). *Aniline and Its Derivatives*. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley Online Library John Wiley & Sons, Inc, 1-30. doi : 10.1002/0471238961.0114091201130914.a01.pub2.
- Aries, L., & Newton, R. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York, United States: McGraw-Hill.
- Bird, R.B. (2002/2007). *Transport Phenomena 2nd*. New York, United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Cengel, J. (2001). *Heat Transfer*. New York, United States: Mc Graw Hill.
- Dugal, M. (2005). *Nitrobenzene and Nitrotoluenes*. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley Online Library John Wiley & Sons, Inc, 1-30. doi : [10.1002/0471238961.1409201801041109.a01.pub2](https://doi.org/10.1002/0471238961.1409201801041109.a01.pub2).
- Faith, W. L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. (1957). *Industrial chemicals*, London: John Wiley & Sons, Inc.
- Harahap, S. S. (2007). *Analisis Kritis atas Laporan Keuangan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

- House, J. E. and House, K. A. (2016). 'Hydrogen', *Descriptive Inorganic Chemistry*, 3, pp. 111–121. doi: 10.1016/B978-0-12-804697-5.00007-5.
- Kirk R.E. dan Othmer, D.F. (1991). *Encyclopedia of Chemical Technology 4th Edition*. New York, United States. John Wiley and Sons.
- Mansville. (1992). *Aniline, Chemical Product Synopsis*. New York, United States: Mansville Chemical Products Corporation.
- Meggyessy, E.F. (1999). *Pressure Vessel Handbook*. Butherfold, London.
- Muliawati, Neni, (2008). Hidrogen Sebagai Sumber Energi Terbarukan, Universitas Lampung.
- Munawir, S. (2007). *Analisis Laporan Keuangan*. Edisi Keempat. Yogyakarta: Liberty.
- Okazaki, Y., Yamashita, K., Ishii, H., Sudo, M., & Tsuchitani, M. (2003). *Potential of Neurotoxicity after a Single Oral Dose of 4-Bromo- , 4-Chloro- , 4-Fluoro- or 4-Iodoaniline in Rats. Journal of Applied Toxicology*. 322(March), 315–322. doi : 10.1002/jat.921.
- Peters, M.S., K.D., Timmerhaus., R.E., West. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York, United States: McGraw-Hill.
- Rihani, D. N. & Doraiswamy, L. K., (1965). Estimation of Heat Capacity of Organic Compound Group from Contributions. *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals*, 4(1), pp. 17-21.

Sinnot, R., (2008). *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. New York, United States: McGraw-Hill. 982-987.

Smith, JM and HC, Van Ness.1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 4th ed. Singapore: McGraw-Hill.

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

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

Badan Pusat Statitiska (BPS), <https://www.bps.go.id> , diakses pada tanggal 06 September 2025.

Data Produksi Anilin, www.GMDU.net (2019), di akses pada tanggal 06 September 2025.

Data Produksi *Diphenylamine*, <https://www.icis.com>, diakses pada tanggal 06 September 2025.

Ketersediaan Bahan Baku, <https://chemblink.com>, diakses pada tanggal 06 September 2025.

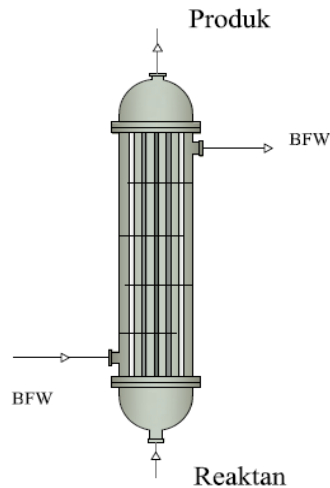
Kementerian Perindustrian (Kemenperin), <https://kemenperin.go.id>, diakses pada tanggal 06 September 2025.

The Chemical Engineering Plant Cost Index, <https://www.chemengonline.com/pci-home>, diakses pada tanggal 13 Oktober 2025.

Lampiran A

Perancangan Reaktor

PERANCANGAN REAKTOR (R-01)



1. Perancangan Reaktor

Jenis : *Fixed Bed Multitube Reactor*

Fungsi : Tempat terjadinya hidrogenasi nitrobenzene dengan katalis Cu
untuk menghasilkan anilin sebagai produk.

2. Kondisi operasi (Faith et al.,1957).

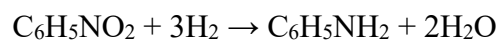
Suhu : 250°C

Tekanan : 3 atm

Konversi : 95%

Reaksi : Eksotermis

3. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor :



1. Menentukan Jenis Reaktor dan Neraca Massa

Pemilihan reaktor fixed bed multitube didasarkan beberapa pertimbangan, diantaranya :

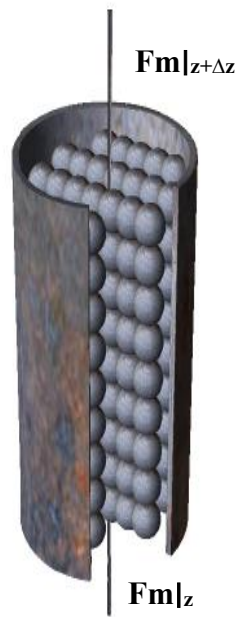
- Reaksi hidrogenasi nitrobenzene menjadi anilin bersifat eksotermis, sehingga membutuhkan pendingin
- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat
- Biaya perawatan relatif lebih murah dan pengoperasiannya lebih mudah

Neraca Massa

Komponen	Masuk		Keluar	
	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam
H ₂	362,9231	181,462	190,53078	95,2654
C ₆ H ₆	3,723685	0,04774	3,723685	0,04774
H ₂ O	0	0	1.034,3536	57,4641
C ₆ H ₅ NO ₂	0	0	2.672,0802	28,732
C ₆ H ₅ NH ₂	3.719,961	30,2436	185,91978	1,51154
Total	4.068,608	211,753	4.068,608	183,021

2. Pembentukan Persamaan Matematis

- Neraca massa nitrobenzene dalam elemen volume Δv



Kecepatan massa $C_6H_5NO_2$ masuk – Kecepatan massa $C_6H_5NO_2$ keluar +
 $C_6H_5NO_2$ yang terbentuk dalam sistem = Akumulasi

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} + (-r_A) * \Delta v = Acc$$

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} = r_A * \Delta v$$

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} = V_A * \frac{(\pi Id)^2}{4} * \Delta z$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} = \frac{F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = r_A \frac{\pi (Id)^2}{4}$$

$$\Delta z \rightarrow 0$$

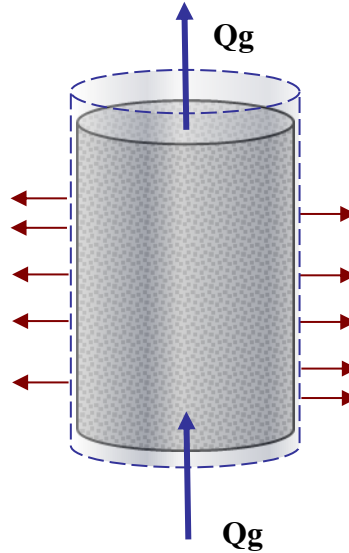
$$\frac{-dF_A}{dz} = r_A \frac{\pi (Id)^2}{4}$$

$$F_A = F_{AO} * (1 - x_A)$$

$$\frac{-d F_{AO} (1-x_A)}{dz} = r_A \frac{\pi (Id)^2}{4} + F_{AO} \frac{dx_A}{dz} = r_A \frac{\pi (Id)^2}{4}$$

$$\frac{dx_A}{dz} = \frac{r_A \pi Id^2 / 4}{F_{AO}} \quad [1]$$

b. Neraca panas dalam elemen volume Δv



Kecepatan panas masuk – Kecepatan panas keluar + Panas yang ada dalam sistem – Perpindahan panas dalam sistem = Akumulasi

$$Q_{g|z} - Q_{g|z+\Delta z} + Q_r - Q_{pp} = 0$$

$$Q_r = (-r_1) * \Delta h_{r1} (\pi * Id^2/4) * \Delta z$$

$$\lim_{\Delta z} \frac{Q_{g|z} - Q_{g|z+\Delta z}}{\Delta z} = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 + (\pi Od) (T_g - T_p)$$

$$-dQ_g/dz = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] (\pi Id^2/4) - U_d * (\pi Od) (T_g - T_p)$$

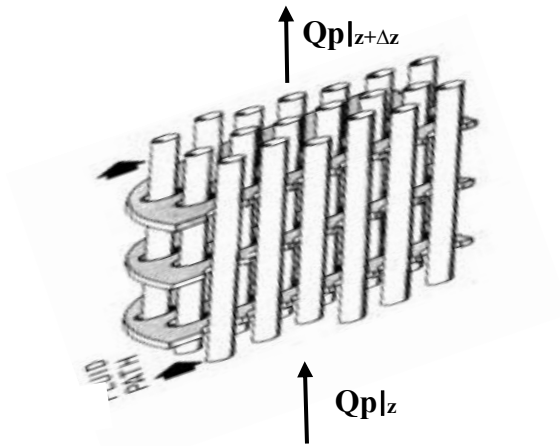
$$Q_g = \sum f_{gi} c_{pgi} (T_g - T_{ref})$$

$$gT_g/dz = [(-r_1) \Delta h_{r1} - (-r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 - U_d * (\pi Od) (T_g - T_p) / \sum f_{gi} c_{pgi}$$

[2]

c. Neraca Massa Media Pendingin

Kecepatan panas masuk – Kecepatan panas keluar + Perpindahan panas dalam sistem = Akumulasi



$$Qp|_z - Qp|_{z+\Delta z} + U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p) \Delta z = 0$$

$$\lim_{\Delta z} \frac{Qp|_z - Qp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)$$

$$-\frac{dQp}{dz} = -U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)$$

$$Qp = f_{\text{massp}} c_{pp} (T_p - T_{\text{reff}})$$

$$\frac{d f_{\text{massp}} c_{pp} (T_p - T_{\text{reff}})}{dz} = U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_{\text{reff}})$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)}{f_{\text{massp}} c_{pp}} \quad [3]$$

d. Penurunan Tekanan

$$\frac{dP_t}{dz} = \left[150 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Gp^2}{\rho Dp} \quad [4]$$

Bird, R.B., “Transport Phenomena”, ed 2, halaman 191

Dengan hubungan :

D_p : Diameter katalis (m)

G_p : Flux massa ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

Re_p : Bilangan Reynold

P_t : Tekanan (bar)

ϵ : Porositas katalis

ρ : Rapat massa gas (kg/m^3)

3. Penyelesaian Persamaan Matematis

Persamaan matematis diselesaikan dengan cara runge kutta

$$Z_{n+1} = Z_n + \Delta Z \quad [5]$$

$$x_{a_{n+1}} = x_{a_n} + (k_1 + 2 k_2 + 2 k_3 + k_4) / 6 \quad [6]$$

$$T_{g_{n+1}} = T_{g_n} + (I_1 + 2 I_2 + 2 I_3 + I_4) / 6 \quad [7]$$

$$T_{p_{n+1}} = T_{p_n} + (m_1 + 2 m_2 + 2 m_3 + m_4) / 6 \quad [8]$$

$$P_{t_{n+1}} = P_{t_n} + (n_1 + 2 n_2 + 2 n_3 + n_4) / 6 \quad [9]$$

k_1, I_1, m_1, n_1 = konstanta runge kutta 1

Konstanta runge kutta 1

$$k_1 = \frac{\Delta x_a}{\Delta Z} \Delta Z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n}, T_{g_n}, T_{p_n}, P_{t_n} \quad [10]$$

$$I_1 = \frac{\Delta T_g}{\Delta Z} \Delta Z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n}, T_{g_n}, T_{p_n}, P_{t_n} \quad [11]$$

$$m_1 = \frac{\Delta T_p}{\Delta Z} \Delta Z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n}, T_{g_n}, T_{p_n}, P_{t_n} \quad [12]$$

$$n1 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n}, T_{g_n}, T_{p_n}, P_{t_n} \quad [13]$$

Konstanta rungge kutta 2

$$k2 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k1/2, T_{g_n} + I1/2, T_{p_n} + m1/2, P_{t_n} + n1/2 \quad [14]$$

$$I2 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k1/2, T_{g_n} + I1/2, T_{p_n} + m1/2, P_{t_n} + n1/2 \quad [15]$$

$$m2 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k1/2, T_{g_n} + I1/2, T_{p_n} + m1/2, P_{t_n} + n1/2 \quad [16]$$

$$n2 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k1/2, T_{g_n} + I1/2, T_{p_n} + m1/2, P_{t_n} + n1/2 \quad [17]$$

Konstanta rungge kutta 3

$$k3 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k2/2, T_{g_n} + I2/2, T_{p_n} + m2/2, P_{t_n} + n2/2 \quad [18]$$

$$I3 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k2/2, T_{g_n} + I2/2, T_{p_n} + m2/2, P_{t_n} + n2/2 \quad [19]$$

$$m3 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k2/2, T_{g_n} + I2/2, T_{p_n} + m2/2, P_{t_n} + n2/2 \quad [20]$$

$$n3 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k2/2, T_{g_n} + I2/2, T_{p_n} + m2/2, P_{t_n} + n2/2 \quad [21]$$

Konstanta rungge kutta 4

$$K4 = \frac{\Delta x_a}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k3, T_{g_n} + I3, T_{p_n} + m3, P_{t_n} + n3 \quad [22]$$

$$I4 = \frac{\Delta T_g}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k3, T_{g_n} + I3, T_{p_n} + m3, P_{t_n} + n3 \quad [23]$$

$$M4 = \frac{\Delta T_p}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k3, T_{g_n} + I3, T_{p_n} + m3, P_{t_n} + n3 \quad [24]$$

$$N4 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z} \Delta z, \text{ di evaluasi pada } x_{a_n} + k3, T_{g_n} + I3, T_{p_n} + m3, P_{t_n} + n3 \quad [25]$$

4. Data katalis

Katalis yang digunakan adalah tembaga Cu

Bentuk fisik : Logam

Porositas : 0,5

Rapat massa : 8960 kg/m³

Faktor pengotoran : 0,003 ft² jam F/Btu

Hasil penyelesaian matematis disajikan pada tabel berikut :

Hubungan antara tinggi, konversi, suhu, dan tekanan

Tebal	x l	Tg (°C)	Tp (°C)	Pt (atm)
0	0	250	240	3
0,05	0,03412828	242,68601	240,24964	2,9999515
0,1	0,06686756	240,79405	240,30735	2,9999034
0,15	0,09844386	240,30339	240,31576	2,9998553
0,2	0,12894154	240,17498	240,31165	2,9998074
0,25	0,15840802	240,14024	240,30452	2,9997594
0,3	0,18688061	240,12977	240,29682	2,9997114
0,35	0,21439325	240,1256	240,28916	2,9996635
0,4	0,24097822	240,12312	240,2817	2,9996156
0,45	0,26666661	240,12112	240,27448	2,9995677
0,5	0,29148845	240,11929	240,26751	2,9995198
0,55	0,31547278	240,11755	240,26076	2,9994719
0,6	0,33864766	240,11588	240,25425	2,999424
0,65	0,36104025	240,11426	240,24795	2,9993761
0,7	0,38267677	240,1127	240,24187	2,9993283
0,75	0,40358261	240,1112	240,23599	2,9992804
0,8	0,4237823	240,10974	240,23031	2,9992326
0,85	0,44329957	240,10834	240,22483	2,9991848
0,9	0,46215733	240,10698	240,21952	2,999137
0,95	0,48037778	240,10566	240,2144	2,9990892
1	0,49798232	240,1044	240,20945	2,9990414

1,05	0,5149917	240,10317	240,20467	2,9989936
1,1	0,53142593	240,10199	240,20005	2,9989458
1,15	0,54730438	240,10085	240,19559	2,998898
1,2	0,56264575	240,09974	240,19127	2,9988503
1,25	0,57746816	240,09868	240,18711	2,9988025
1,3	0,59178907	240,09765	240,18308	2,9987548
1,35	0,6056254	240,09665	240,17919	2,998707
1,4	0,61899348	240,09569	240,17543	2,9986593
1,45	0,6319091	240,09476	240,1718	2,9986115
1,5	0,64438752	240,09387	240,16829	2,9985638
1,55	0,6564435	240,093	240,1649	2,9985161
1,6	0,6680913	240,09216	240,16163	2,9984684
1,65	0,67934468	240,09135	240,15847	2,9984207
1,7	0,69021697	240,09057	240,15541	2,998373
1,75	0,70072104	240,08982	240,15246	2,9983253
1,8	0,71086932	240,08909	240,1496	2,9982776
1,85	0,72067384	240,08838	240,14685	2,9982299
1,9	0,73014621	240,0877	240,14418	2,9981822
1,95	0,73929766	240,08705	240,14161	2,9981345
2	0,74813903	240,08641	240,13913	2,9980868
2,05	0,75668081	240,0858	240,13673	2,9980392
2,1	0,76493313	240,0852	240,13441	2,9979915
2,15	0,77290578	240,08463	240,13216	2,9979438
2,2	0,78060821	240,08408	240,13	2,9978962
2,25	0,78804958	240,08354	240,12791	2,9978485

2,3	0,79523871	240,08303	240,12589	2,9978008
2,35	0,80218414	240,08253	240,12393	2,9977532
2,4	0,80889411	240,08205	240,12205	2,9977055
2,45	0,81537661	240,08158	240,12023	2,9976579
2,5	0,82163931	240,08113	240,11846	2,9976102
2,55	0,82768968	240,0807	240,11676	2,9975626
2,6	0,8335349	240,08028	240,11512	2,9975149
2,65	0,83918191	240,07987	240,11353	2,9974673
2,7	0,84463743	240,07948	240,112	2,9974197
2,75	0,84990794	240,0791	240,11052	2,997372
2,8	0,85499971	240,07874	240,10909	2,9973244
2,85	0,8599188	240,07839	240,1077	2,9972768
2,9	0,86467106	240,07804	240,10637	2,9972291
2,95	0,86926213	240,07771	240,10508	2,9971815
3	0,87369749	240,0774	240,10383	2,9971339
3,05	0,87798241	240,07709	240,10263	2,9970862
3,1	0,88212198	240,07679	240,10146	2,9970386
3,15	0,88612113	240,0765	240,10034	2,996991
3,2	0,88998463	240,07623	240,09925	2,9969434
3,25	0,89371707	240,07596	240,0982	2,9968957
3,3	0,89732289	240,0757	240,09719	2,9968481
3,35	0,90080639	240,07545	240,09621	2,9968005
3,4	0,90417171	240,07521	240,09526	2,9967529
3,45	0,90742286	240,07498	240,09435	2,9967053
3,5	0,91056371	240,07475	240,09347	2,9966577

3,55	0,91359801	240,07453	240,09261	2,99661
3,6	0,91652936	240,07432	240,09179	2,9965624
3,65	0,91936126	240,07412	240,09099	2,9965148
3,7	0,92209708	240,07392	240,09023	2,9964672
3,75	0,92474007	240,07373	240,08948	2,9964196
3,8	0,92729339	240,07355	240,08876	2,996372
3,85	0,92976008	240,07337	240,08807	2,9963244
3,9	0,93214308	240,0732	240,0874	2,9962768
3,95	0,93444522	240,07304	240,08675	2,9962291
4	0,93666925	240,07288	240,08613	2,9961815
4,05	0,93881781	240,07272	240,08552	2,9961339
4,1	0,94089348	240,07257	240,08494	2,9960863
4,15	0,94289871	240,07243	240,08438	2,9960387
4,2	0,94483591	240,07229	240,08383	2,9959911
4,25	0,94670738	240,07216	240,08331	2,9959435
4,3	0,94851534	240,07203	240,0828	2,9958959
4,343	0,95002104	240,07192	240,08238	2,9958549

5. Ukuran pipa (ASME B31.3)

- a. Diameter luar pipa : 0,0604 mm
- b. Diameter dalam pipa : 0,0525 mm
- c. Jumlah pipa : 101 batang
- d. Susunan pipa : 65,627 mm
- e. Diameter selongsong pipa : 0,9741 m
- f. Luas perpindahan panas : 83,305 m²

6. Baffle jenis segmental

- a. Jarak antar baffle : 0,1948 m
- b. Tebal tumpukan katalis : 4,343 m
- c. Suhu gas masuk : 250°C
- d. Suhu gas keluar : 240,07°C
- e. Suhu pendingin masuk : 240°C
- f. Suhu pendingin keluar : 240,08°C
- g. Massa pendingin : 10.000 kg/jam
- h. Tekanan masuk : 3 atm
- i. Tekanan keluar : 2,996 atm
- j. *Pressure drop* : 0,0041 atm

1. Perhitungan Pelengkap

- a. Tebal dinding selongsong

$$ts = \frac{p_{\text{gauge}} I_{\text{ds}}}{4 f \epsilon + 0,8 p_{\text{gauge}}} + C' \quad [26]$$

(Persamaan 13.42, Sinnott, *Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*, 2008, Mc.Graw Hill, halaman 986), (ASME Section VIII)

Dengan hubungan,

ts : Tebal dinding selongsong (m)

p_{gauge} : Tekanan perancangan menurut alat ukur (Pa)

I_{ds} : Diameter dalam selongsong (m)

f_{all} : Allowable stress (Pa)

C' : Faktor korosi (m)

Ids : 0,9741 m

b. Tekanan operasi

Poperasi : 3 atm

c. Tekanan perancangan

Dirancang : selongsong mampu menahan tekanan sebesar 50% lebih tinggi dari tekanan operasi (Meggyessy, “Pressure Vessel Handbook”, Butherfold, London, 1999, halaman 17). (ASME Section VIII)

$$P_{\text{design}} = 150\% \times 3 \text{ atm} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{\text{atm}} = 455962,5 \text{ Pa} \quad [27]$$

$$P_{\text{gauge}} = 455962,5 \text{ Pa} - 101325 \text{ Pa} = 354637,5 \text{ Pa} \quad [28]$$

Bahan konstruksi yang dipilih adalah baja karbon A285

fall = 12900 psi = 88917857,1 Pa (Sinnott, “Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design”, halaman 982)

$$C' = 0,125 \text{ In} = 0,003175 \text{ m}$$

$\epsilon = 90\%$ (Tabel 13.2 Brownell and Young)

$$t_s = \frac{354637,5 \text{ Pa} \times 0,9741 \text{ m}}{4 \times 88917857,1 \text{ Pa} \times 90\% - 0,8 \times 354637,5 \text{ Pa}} + 0,003175 \text{ m}$$

$$t_s = 0,0042551 \text{ m} = 0,1675 \text{ In}$$

d. Tutup reaktor

Dipilih jenis elipsoidal

Pemilihan jenis tutup dapat dibaca pada, Sinnott, “Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, 2008, Butterworth, halaman 987. (ASME Section VIII)

Tebal penutup dihitung dengan persamaan :

$$th = \frac{p_{\text{gauge}} I_{ds}}{4 \text{ fall} - 0.4 p_{\text{gauge}}} + C' \quad [29]$$

Sinnott, halaman 990.

Dengan hubungan,

th = Tebal penutup (m)

p_{gauge} = Tekanan alat ukur (Pa)

I_{ds} = Diameter dalam selongsong (m)

fall = Tegangan yang diizinkan (Pa)

C' = Faktor korosi (m)

Tekanan operasi = 3 atm

Tekanan perancangan = 120% x 3 atm = 3,6 atm

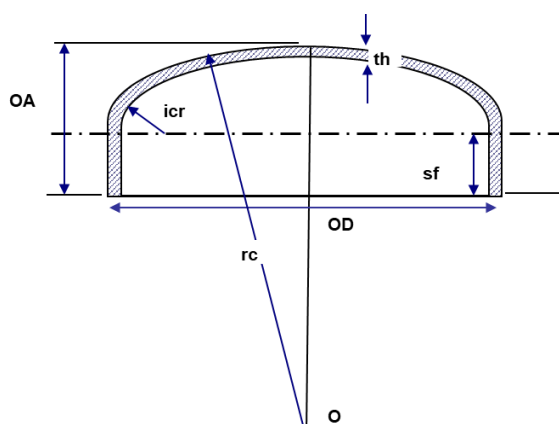
Tekanan alat ukur = 3,6 atm – 1 atm = 2,6 atm

= 263445 Pa

$$th = \frac{263445 \text{ Pa} \times 0,9741 \text{ m}}{2 \times 88917857,1 \text{ Pa} - 0,4 \times 263445 \text{ Pa}} + 0,003175 \text{ m}$$

$$th = 0,00461883 \text{ m} = 0,1818 \text{ In}$$

e. Tinggi penutup



Dengan hubungan,

icr : Jari-jari sudut internal (m)

rc : Jari-jari kelengkungan (m)

sf : Flange lurus (m)

th : Tebal penutup (m)

oa : Tinggi penutup (m)

(ASME Section VIII)

Tinggi penutup dihitung dengan persamaan :

$$oa = th + b + sf$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$BC = r - icr$$

$$AB = \frac{Ids}{2} - icr$$

Nilai sf diperoleh dari tabel 5.6 Brownell and Young, Process Equipment Design, 1959, John Willey and Son, New York

Nilai sf berkisar antara 1½ in sampai 3½ in.

Dipilih sf = 3,5 In = 0,0889 m

$$r = Ids = 0,9741 \text{ m}$$

$$icr = 7,25 \text{ In} = 0,18415 \text{ m}$$

$$BC = 0,9741 \text{ m} - 0,18415 \text{ m} = 0,7899 \text{ m} \quad [30]$$

$$AB = \frac{0,9741 \text{ m}}{2} - 0,18415 \text{ m} = 0,30288 \text{ m} \quad [31]$$

$$OA = 0,9741 \text{ m} - [(0,7899 \text{ m})^2 - (0,30288 \text{ m})^2]^{0,5} \quad [32]$$

$$OA = 0,2445 \text{ m}$$

Tinggi total

$$H_{total} = \text{Tinggi katalis} + 2 \times \text{Ballast} + 2 \times \text{Tinggi head} \quad [33]$$

Tinggi ballast = 2,5 In = 0,0635 m (Rase, H.F., Chemical Raector Design, John Willey, 1977), (ASME Section VIII)

Tinggi total = 4,343 m + 2 x 0,0635 m + 2 x 0,2445 m = 4,959 m

f. Isolator

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar diberi isolator

Suhu udara, $T_u = 303,15$ K

Dirancang : Suhu dinding luar isolator, $T_i = 313,15$ K

Bahan isolator : Glass fiber

Dipilihan berdasarkan pada :

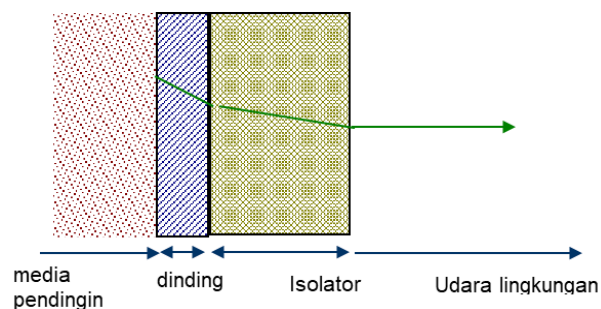
- Suhu operasi
- Konduktivitas thermal yang kecil

$K_{th} = 0,043$ W/mK

(Cengel, J., Heat Transfer, 2001, Mc Graw Hill, New York, halaman 20),
(ASME Section I)

Konduktivitas thermal baja, $k_{thb} = 80,2$ W/mK

Sketsa perpindahan panas dari dinding dalam selongsong ke udara lingkungan



Keterangan :

x_s : Tebal dinding selongsong (m)

x_i : Tebal dinding isolator (m)

T_p : Suhu media pendingin (K)

T_s' : Suhu permukaan dalam selongsong (K)

T_s'' : Suhu permukaan luar selongsong (K)

t_i : Suhu dinding luar isolator (K)

t_u : Suhu udara lingkungan (K)

asumsi :

- a. Suhu permukaan dinding dalam selongsong = suhu media pendingin
- b. Perpindahan panas terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan panas yang terjadi :

1. Perpindahan panas secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong

Dihitung dengan persamaan :

$$q = k_{ths} \frac{T_p - T_s''}{x_s} \quad [34]$$

K_{ths} = Konduktivitas thermal baja (kJ/msK)

2. Perpindahan panas secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator

Dihitung dengan persamaan :

$$q = k_{thi} \frac{T_s'' - t_i}{x_i} \quad [35]$$

K_{thi} = Konduktivitas thermal isolator (kJ/msK)

3. Perpindahan panas secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Perpindahan panas secara konveksi :

$$q_c = h_c (t_i - t_u) \quad [36]$$

h_c = koefisien perpindahan panas secara konveksi ke udara lingkungan
(kJ/m² s K)

Dihitung dengan persamaan :

$$h_c = 0,3 \times (t_i - t_u)^{0,25}, \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F (Kern, D.Q)} \quad [37]$$

t_i = suhu isolator dalam F = 104 F

t_u = suhu udara lingkungan F = 95 F

$$h_c = 0,3 \times (104 - 95)^{0,25}$$

$$h_c = 0,5196 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ F} = 0,00294674 \text{ kJ/m}^2 \text{ s K}$$

$$Q_c = 0,00294674 \text{ kJ/m}^2 \text{ s K} \times (313,15 \text{ K} - 303,15 \text{ K})$$

$$Q_c = 0,00294674 \text{ kJ/m}^2 \text{ s K}$$

$$Q_c = \frac{T_p - T_i}{\frac{k_{ths}}{x_s} + \frac{k_{thi}}{x_i}} \quad [38]$$

$$x_s = \text{Tebal dinding selongsong} = 0,004255 \text{ m}$$

$$K_{ths} = \text{konduktivitas thermal baja} = 0,0802 \text{ kJ/msK}$$

$$K_{thi} = \text{konduktivitas thermal isolator} = 0,000043 \text{ kJ/msK}$$

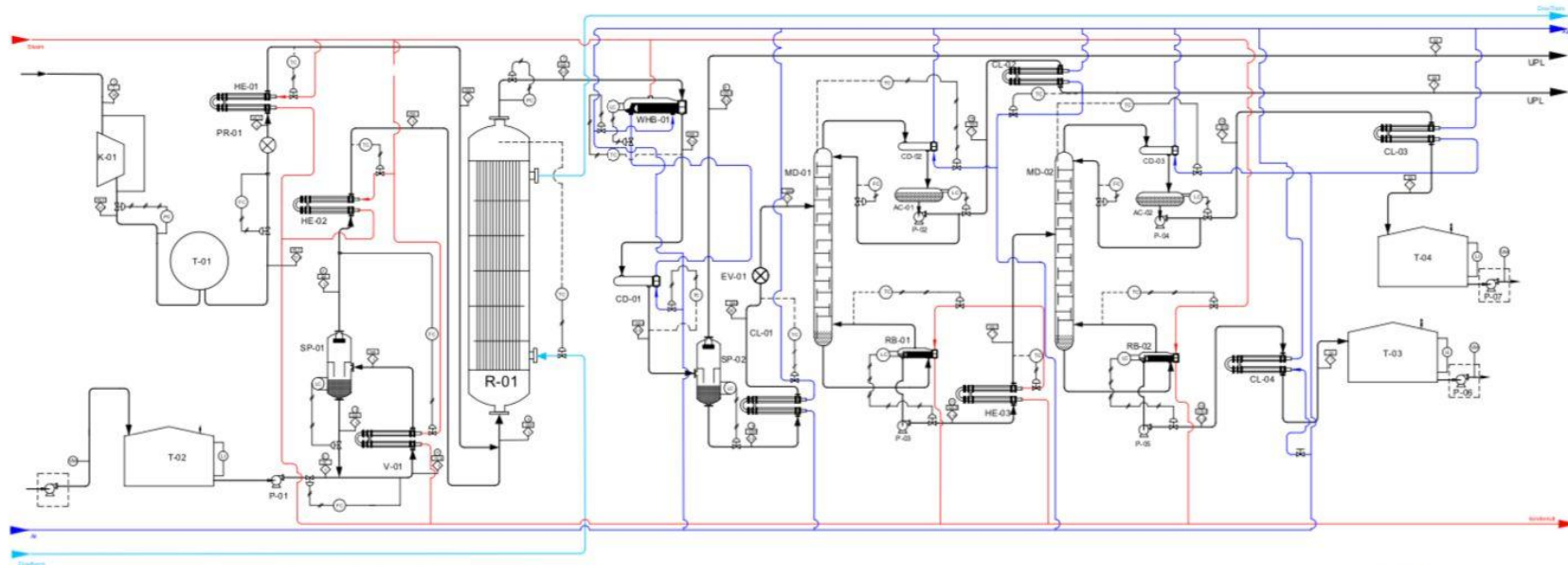
$$0,00294674 \text{ kJ/m}^2 \text{ s K} = \frac{513,25 \text{ K} - 313,15 \text{ K}}{\frac{0,0802 \text{ kJ/msK}}{0,004255 \text{ m}} + \frac{x_i}{0,000043 \text{ kJ/msK}}}$$

$$x_i = 0,2964 \text{ m}$$

Lampiran B

Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZEN DAN HIDROGEN
KAPASITAS : 21.000 TON/TAHUN



Neraca massa (kg / jam)													
KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
H ₂	362,923					362,923	190,531		190,531				
C ₆ H ₆		3,724	0,083	3,807	3,724	3,724	3,724	3,722	0,001	3,718	0,004	0,004	
H ₂ O							1034,354	1034,115	0,238	1028,945	5,171	5,171	
C ₆ H ₅ NH ₂							2672,080	2672,069	0,011	13,360	2658,709	2645,415	13,294
C ₆ H ₅ NO ₂		3719,961	931,301	4651,262	3719,961	3719,961	185,920	185,920	0,000	0,011	185,908	0,930	184,979
TOTAL	362,923	3723,685	931,384	4655,069	3723,685	4086,608	4086,608	3895,826	190,782	1046,034	2849,792	2651,519	198,272

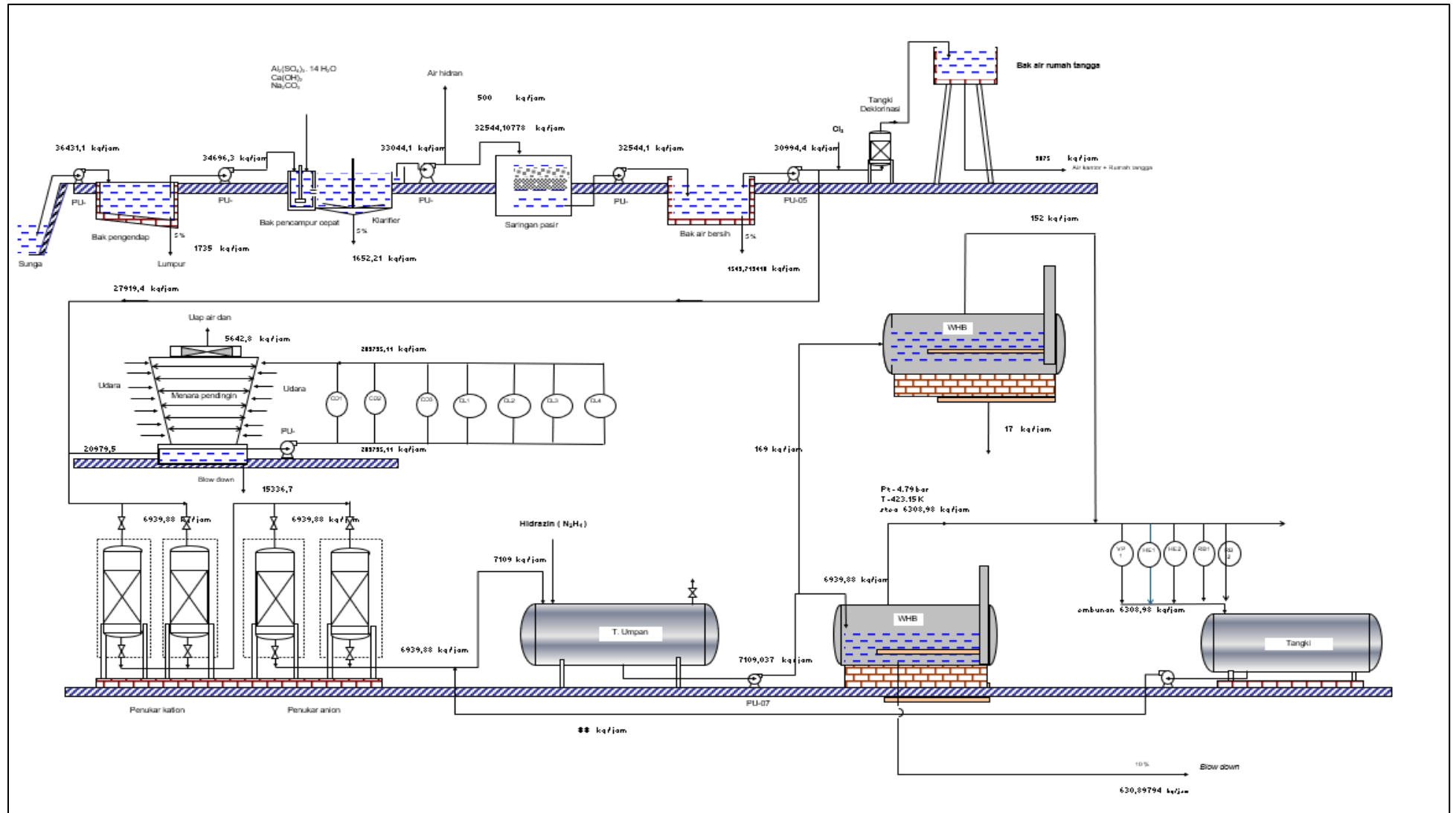
Keterangan	Pengendali
AC	Automatic
AD	Air Flow
CD	Control Drum
CL	Control Line
EV	Expansion Valve
HE	Heat Exchanger
R	Reboiler
MD	Motor Driven Pump
P	Pump
PR	Pressure Reducing Valve
RB	Reboiler
SP	Safety Valve
V	Valve
W	Water

Simbol	Arti
○	Normal
□	Stop
◇	Start
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian
—	Uraian

 JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENE DAN HIDROGEN KAPASITAS PRODUKSI : 21.000 TON/TAHUN	
Dikembangkan Oleh :	No Induk Mahasiswa
NAMA : 1. M. Yusuf Yudianto 2. Rendra Cahyaningrum	20021601 20021103
PEMBimbing : 1. Dr. ARWY ZULIANA S.T., M.Eng.	

Lampiran C

Gambar Utilitas



Lampiran D

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Yusuf Yanuar
No. Mahasiswa 1 : 20521001
Nama Mahasiswa 2 : Regita Cahyaningrum
No. Mahasiswa 2 : 20521153
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik Aniline dari Nitrobenzene
Mulai Masa Bimbingan : 19 Maret 2024
Selesai Masa Bimbingan : 30 Agustus 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	19 Maret 2024	Perkenalan dan diskusi mengenai nilai kinetika reaksi, ekspor-impor, dan data yang perlu dicari untuk penentuan kapasitas pabrik	ty
2	3 April 2024	Konsultasi data untuk penentuan kapasitas pabrik	ty
3	13 Juni 2024	Persetujuan luaran 1	ty
4	10 Juli 2024	Konsultasi tentang tinjauan kinetika dan termodinamika	ty ty
5	1 Agustus 2024	Persetujuan luaran 2 dan 3	ty ty
6	9 Agustus 2024	Konsultasi neraca massa	ty
7	1 September 2024	Persetujuan neraca massa dan pembahasan diagram alir proses	ty ty

8	14 September 2024	Persetujuan luaran 4 dan perancangan reaktor	ity
9	4 Oktober 2024	Perancangan reaktor dan konsultasi PEFD	ity
10	24 Oktober 2024	Perancangan reactor dan alat besar	ity
11	28 Februari 2025	Perancangan reactor dan alat besar	ity
12	3 Maret 2025	Perancangan reactor dan alat besar	ity
13	9 Maret 2025	Perancangan reactor dan alat besar	ity
14	12 Maret 2025	Persetujuan luaran 5 sampai luaran 8	ity
15	17 Juni 2025	Perancanagn alat pendukung	ity
16	19 Agustus 2025	Perancangan alat pendukung	ity
17	21 Agustus 2025	Perancangan alat pendukung dan neraca panas	ity
18	25 Agustus 2025	Persetujuan luaran 9 sampai luaran 12, konsultasi utilitas dan evaluasi ekonomi	ity
19	30 Agustus 2025	Persetujuan luaran 13 sampai luaran 15	ity

Disetujui Draft Penulisan :

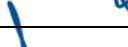
Yogyakarta,

Pembimbing,

(Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T. M.T.)

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

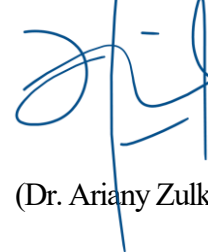
Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Yusuf Yanuar
No. Mahasiswa 1 : 20521001
Nama Mahasiswa 2 : Regita Cahyaningrum
No. Mahasiswa 2 : 20521153
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik Aniline dari Nitrobenzene
Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2025
Selesai Masa Bimbingan : 6 Januari 2026

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	10 Oktober 2025	Konsultasi tentang keseluruhan alur pada PEFD dan grafik pada evaluasi ekonomi	
2	25 Oktober 2025	Konsultasi untuk perbaikan pada PEFD	
3	26 Desember 2025	Persetujuan untuk luaran 13 sampai luaran 15	
4	28 Desember 2025	Persetujuan untuk luaran 16	
5	6 Januari 2026	Konsultasi untuk perbaikan pada PEFD dan grafik ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 6 Januari 2026

Pembimbing,



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

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy