

**PRA RANCANGAN PABRIK *PHENYLCYANIDE*
DARI *TOLUENE*, *AMMONIA* DAN UDARA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama	:	Muhammad Satria Nuruddin	Nama	:	Andi Asmaul Fauziyah
NIM	:	195212211	NIM	:	19521200

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN *PHENYLCYANIDE* DARI *TOULUENE*, *AMMONIA*
DAN UDARA KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama	:	Muhammad Satria Nuruddin	Nama	:	Andi Asmaul Fauziyah
NIM	:	19521211	NIM	:	19521200

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya

ini adalah ditemukan pelanggaran, maka saya siap bersedia mempertanggungjawabkan sesuai peraturan yang berlaku.

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



Muhammad Satria Nuruddin
NIM. 19521211



Andi Asmaul Fauziyah
NIM. 19521200

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK *PHENYLCYANIDE* DARI *TOLUENE*,
AMMONIA DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

ISLAM

Oleh:

Nama : Muhammad Satria Nuruddin

Nama : Andi Asmaul Fauziyah

NIM : 19521211

NIM : 19521200

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Pembimbing



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

NIP: 155211305

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK *PHENYLCYANIDE*
DARI *TOLUENE*, *AMMONIA* DAN UDARA KAPASITAS
30.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Muhammad Satria Nuruddin
NIM : 19521211

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,

Tim Penguji,
Ketua Penguji

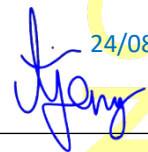
Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Anggota I

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

Anggota II

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

24/08/24






13/8/24

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, beserta sahabat dan pengikutnya.

Tugas Akhir dengan **judul “PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PHENYLCYANIDE DARI TOLUENE, AMMONIA DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN”** ini disusun sebagai penerapan ilmu teknik kimia yang telah dipelajari selama masa perkuliahan, dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing kami, memberikan masukan, dan memberikan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh civitas akademik di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Rekan-rekan dari program studi Teknik Kimia angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik	2
1.2.1 Impor <i>Phenyl Cyanide</i>	2
1.2.2 Produksi <i>Phenyl Cyanide</i>	4
1.2.3 Ekspor <i>Phenyl Cyanide</i>	4
1.2.4 Konsumsi <i>Phenyl Cyanide</i>	4
1.2.5 Perhitungan Kapasitas	6
1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku	7
1.2.7 Skala Produksi Pabrik <i>Phenyl Cyanide</i>	8
1.3 Tinjauan Pustaka	8
1.3.1 Reaksi Toluena dan Amonia Tanpa Udara	8
1.3.2 Reaksi Amoksidasi	9
1.3.3 Pemilihan Proses	10
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	11
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	11
1.4.2 Tinjauan Kinetika	15
BAB II	16
PERANCANGAN PRODUK	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	16
2.2 Spesifikasi Produk	20

2.3	Pengendalian Kualitas	22
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	23
2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses	23
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk	24
BAB III.....		25
PERANCANGAN PROSES		25
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	25
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif.....	25
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif.....	26
3.2	Uraian Proses.....	27
3.2.1	Proses Persiapan Bahan Baku	27
3.2.2	Tahap Reaksi.....	28
3.2.3	Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	28
3.3	Spesifikasi Alat.....	30
3.3.1	Tangki Penyimpanan.....	30
3.3.2	Reaktor	31
3.3.3	Separator	32
3.3.4	<i>Decanter</i>	33
3.3.5	<i>Absorber</i>	34
3.3.6	<i>Stripper</i>	35
3.3.7	Menara Distilasi	35
3.3.8	<i>Heater</i>	36
3.3.9	<i>Cooler</i>	42
3.3.10	<i>Vaporizer</i>	46
3.3.11	<i>Waste Heat Boiler</i>	47
3.3.12	<i>Condensor Partial</i>	48
3.3.13	<i>Condensor</i>	49
3.3.14	Reboiler.....	51
3.3.15	Pompa.....	53
3.3.16	Kompresor	55
3.4	Neraca Massa dan Neraca Panas	56
3.4.1	Neraca Massa Alat	56
3.4.2	Neraca Panas Alat	61
BAB IV		68

PERANCANGAN PABRIK.....	68
4.1 Lokasi Pabrik.....	68
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	69
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	71
4.2 Tata Letak Pabrik	71
4.2.1 Perkantoran	73
4.2.2 Produksi	73
4.2.3 Instalasi dan Utilitas.....	73
4.2.4 Fasilitas Umum.....	73
4.2.5 Keamanan	73
4.2.6 Pengolahan Limbah	74
4.2.7 Perluasan.....	74
4.3 Tata Letak Alat Proses.....	76
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk	77
4.3.2 Aliran Udara	77
4.3.3 Pencahayaannya.....	78
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan	78
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi.....	78
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses.....	78
4.4 Organisasi Perusahaan.....	79
4.4.1 Bentuk Perusahaan	79
4.4.2 Struktur Organisasi.....	80
4.4.3 Tugas dan Wewenang	82
4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan	88
4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	90
4.4.6 Ketenagakerjaan.....	92
BAB V.....	95
UTILITAS.....	95
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	95
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>).....	107
5.3 Unit Penyedia <i>Dowtherm</i>	108
5.4 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	108
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>)	110
5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	110

5.7	Unit Pengolahan Limbah.....	111
5.8	Spesifikasi Alat Utilitas.....	112
5.8.1	Unit Pengolahan Air.....	112
5.8.2	Unit Penyedia Steam.....	120
5.8.3	Unit Penyedia Dowtherm.....	122
5.8.4	Unit Penyedia Udara Tekan	123
5.8.5	Unit Bahan Bakar.....	125
5.8.6	Pompa Utilitas.....	126
BAB VI		128
EVALUASI EKONOMI.....		128
6.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	129
6.2	Analisa Perhitungan Biaya	133
6.3	Analisa Kelayakan.....	135
6.4	Hasil Perhitungan	138
6.4	Hasil Analisa Kelayakan	142
6.5	Analisa Keuntungan	144
6.6	Analisa Risiko Pabrik.....	144
BAB VII.....		148
PENUTUP.....		148
7.1	Kesimpulan.....	148
7.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA		150
LAMPIRAN-1.....		152
LAMPIRAN-2.....		176
LAMPIRAN-3.....		178
LAMPIRAN-3.....		180

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Phenyl Cyanide di Indonesia	3
Tabel 1. 2 Data Konsumsi Phenyl Cyanide di Indonesia.....	5
Tabel 1. 3 Data Produsen Toluene dalam negeri	7
Tabel 1. 4 Data Produsen Ammonia dalam negeri	7
Tabel 1. 5 Data Phenyl Cyanide di dunia.....	8
Tabel 1. 6 Perbandingan proses produksi <i>phenyl cyanide</i> dari <i>toluene</i> dan <i>ammonia</i>	10
Tabel 1. 7 Kelebihan dan kekurangan proses produksi phenyl cyanide dari toluene dan ammonia	11
Tabel 1. 8 Harga ΔH_f° Pada Masing-masing Komponen	12
Tabel 1. 9 Harga ΔG_f° Pada Masing-masing Komponen.....	13
Tabel 1. 10 Nilai Parameter Persamaan Kinetika	16
Tabel 2. 1 Sifat Fisika dan Kimia Toluene	16
Tabel 2. 2 Identifikasi Bahaya dan Pencegahan Toluene	17
Tabel 2. 3 Tabel NFPA 704 <i>Toluene</i>	18
Tabel 2. 4 Sifat Fisika dan Kimia Ammonia.....	19
Tabel 2. 5 Identifikasi Bahaya Ammonia	19
Tabel 2. 6 Tabel NPFA 704 Ammonia	20
Tabel 2. 7 Sifat Fisika dan Kimia Phenyl Cyanide	20
Tabel 2. 8 Identifikasi Bahaya dan Pencegahan <i>Phenyl Cyanide</i>	21
Tabel 2. 9 Tabel NFPA 704 Phenyl Cyanide	22
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Accumulator-01	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor-01	31
Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator-01	32
Tabel 3. 5 Spesifikasi Separator-02	32
Tabel 3. 6 Spesifikasi Separator-03	33
Tabel 3. 7 Spesifikasi Decanter-01	33
Tabel 3. 8 Spesifikasi Absorber-01	34
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Stripper-01	35

Tabel 3. 10 Spesifikasi Menara Distilasi-01	35
Tabel 3. 11 Spesifikasi Heater-01	36
Tabel 3. 12 Spesifikasi Heater-02	37
Tabel 3. 13 Spesifikasi Heater-03	38
Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater-04	40
Tabel 3. 15 Spesifikasi Heater-05	41
Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-01	42
Tabel 3. 17 Spesifikasi Cooler-02	43
Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler-03	44
Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler-04	45
Tabel 3. 20 Spesifikasi Vaporizer-01	46
Tabel 3. 21 Spesifikasi Waste Heat Boiler-01	47
Tabel 3. 22 Condensor Partial-01	48
Tabel 3. 23 Spesifikasi Condensor-01	49
Tabel 3. 24 Spesifikasi Reboiler-01	51
Tabel 3. 25 Spesifikasi Reboiler-02	52
Tabel 3. 26 Spesifikasi Pompa	53
Tabel 3. 27 Spesifikasi Kompresor-01	55
Tabel 3. 28 Spesifikasi Kompresor-02	56
Tabel 3. 29 Neraca Massa Vaporizer (VP-01)	56
Tabel 3. 30 Neraca Massa di Separator (SP-01)	57
Tabel 3. 31 Neraca Massa di Separator (SP-02)	57
Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor (R-01)	58
Tabel 3. 33 Neraca Massa Separator (SP-03)	58
Tabel 3. 34 Neraca Massa Absorber (ABS-01)	59
Tabel 3. 35 Neraca Massa Stripper (STP-01)	59
Tabel 3. 36 Neraca Massa Decanter (DC-01)	60
Tabel 3. 37 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)	60
Tabel 3. 38 Neraca Panas Vaporizer (VP-01)	61
Tabel 3. 39 Neraca Panas Heater (HE-01)	61
Tabel 3. 40 Neraca Panas Heater (HE-02)	62

Tabel 3. 41 Neraca Panas Heater (HE-03).....	62
Tabel 3. 42 Neraca Panas Heater (HE-04).....	62
Tabel 3. 43 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	62
Tabel 3. 44 Neraca Panas Waste Heater Boiler (WHB-01).....	63
Tabel 3. 45 Neraca Panas Condensor Partial (CDP-01)	63
Tabel 3. 46 Neraca Panas Absorber (ABS-01)	64
Tabel 3. 47 Distilasi Distilat (MD-01)	64
Tabel 3. 48 Neraca Panas Condensor (CD-01)	65
Tabel 3. 49 Neraca Panas Reboiler (RB-01).....	65
Tabel 3. 50 Neraca Panas Reboiler (RB-02).....	65
Tabel 3. 51 Neraca Panas Cooler (CL-01).....	66
Tabel 3. 52 Neraca Panas Cooler (CL-02).....	66
Tabel 3. 53 Neraca Panas Cooler (CL-03).....	66
Tabel 3. 54 Neraca Panas Cooler (CL-04).....	66
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan.....	74
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Karyawan Perusahaan.....	88
Tabel 4. 3 Jumlah dan Gaji Karyawan	89
Tabel 4. 4 Jadwal Shift Kerja Karyawan	92
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin.....	104
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)	105
Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik	109
Tabel 5. 4 Spesifikasi Bak Pengendap Awal (B-PA).....	112
Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak Pencampur (B-P).....	113
Tabel 5. 6 Spesifikasi Klarifier (KL)	114
Tabel 5. 7 Spesifikasi Saringan Pasir (SP).....	115
Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Air Bersih (B-AB).....	115
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Air Rumah Tangga (B-ART)	116
Tabel 5. 10 Spesifikasi Menara Pendingin.....	117
Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Penukar Kation.....	117
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Penukar Anion (T-PA)	118
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki NaCl	119

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki NaOH (T-NaOH)	119
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (T-UB)	120
Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Kondensat (T-K)	120
Tabel 5. 17 Spesifikasi Boiler	121
Tabel 5. 18 Spesifikasi Tangki Dowtherm-A (T-D)	122
Tabel 5. 19 Spesifikasi Cooler Dowtherm-A (CL-D).....	122
Tabel 5. 20 Spesifikasi Kompresor Udara (K-U)	123
Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki Silika (T-S).....	124
Tabel 5. 22 Spesifikasi Tangki Udara Tekan (T-UT)	124
Tabel 5. 23 Spesifikasi Pompa Utilitas	126
Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Utilitas	127
Tabel 6. 1 Harga Indeks Tahunan	129
Tabel 6.2 Daftar Harga Alat Proses	130
Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas	132
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost.....	138
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost	139
Tabel 6. 6 Fixed Capital Invesment	139
Tabel 6. 7 Working Capital Invesment	139
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost.....	140
Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost	140
Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost	140
Tabel 6. 11 Manufacturing Cost.....	141
Tabel 6. 12 General Expense	141
Tabel 6. 13 Analisa Keuntungan	141
Tabel 6. 14 Kelayakan pabrik	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Pertumbuhan Impor Phenyl Cyanide di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Phenyl Cyanide.....	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	26
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Phenyl Cyanide	68
Gambar 4. 2 Denah Tata Letak Pabrik Phenyl Cyanide	76
Gambar 4. 3 Denah Tata Letak Proses Pabrik Phenyl Cyanide.....	77
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	81
Gambar 5. 1 Tata Letak Unit Pengolahan Air Pabrik Phenyl Cyanide.....	106
Gambar 5. 2 Diagram Steam.....	108
Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi.....	144

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN-1.....	129
LAMPIRAN-2.....	143
LAMPIRAN-3.....	144

ABSTRAK

Sebagai negara berkembang, diperlukan pembangunan di berbagai bidang industri untuk mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Pengembangan di bidang industri kimia, menjadi salah satu inovasi untuk dapat memajukan kesejahteraan suatu negara. Mengingat kebutuhan akan bahan kimia dan sumber daya alam yang besar maka pendirian pabrik-pabrik kimia sangat diperlukan. *phenyl cyanide* menjadi salah satu produk kimia yang berpotensi untuk dikembangkan. *phenyl cyanide* merupakan senyawa yang memiliki banyak kegunaan. Senyawa ini dapat digunakan sebagai *separating agent* dalam memisahkan *naphtalene* dan *alkyl-naphtalene*, digunakan sebagai bahan sintesis *benzoguamin* yang merupakan derivatif dari melamin. Selain itu, *phenyl cyanide* juga dapat dijadikan bahan sekaligus pendukung bagi industri seperti melamin, *coating*, *molding resin*, pelapisan logam nikel, hingga tekstil. *phenyl cyanide* memiliki rumus kimia C_7H_5N . Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dirancang pabrik *phenyl cyanide* dengan kapasitas 30.000 ton per tahun. Proses pembuatan *phenyl cyanide* menggunakan metode amoksidasi dengan bahan baku *toluene*, *ammonia*, dan udara. *phenyl cyanide* diproses di dalam reaktor *fixed bed multitube* (Reaktor Alir Pipa) pada suhu $270^{\circ}C$ dengan tekanan 6,5 atm yang berlangsung dalam fase gas, untuk mendapatkan produk *phenyl cyanide*. Dalam proses pembuatan *phenyl cyanide* dibutuhkan bahan baku *toluene* sebanyak 41.953 ton/tahun, *ammonia* sebanyak 15.512 ton/tahun dan udara sebanyak 177.975 ton/tahun. Dalam proses produksi, pabrik ini membutuhkan setidaknya 11.530.594 ton/tahun air pendingin, 198.454 ton/tahun *steam*, 7.920 ton/tahun *dowtherm* pendingin, 227.926 *dowtherm* pemanas, kebutuhan listrik sebesar 10.000 kW, kebutuhan udara tekan sebesar 1,109 m^3 /jam, dan bahan bakar solar sebesar 2.410.865 kl/tahun. Pabrik *phenyl cyanide* ini memiliki resiko yang tinggi (*high risk*) dikarenakan kondisi operasi dan karakteristik bahan baku, didapatkan nilai ROI minimal sebesar 44%, nilai POT maksimal 2 tahun, dan BEP sebesar 40-60%. Kebutuhan modal tetap terhitung sebesar Rp588.453.038.179 dengan modal kerja sebesar Rp2.676.793.687.000, hasil perhitungan menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 67,4%, dan setelah pajak sebesar 50,56%, nilai POT sebelum pajak sebesar 0,61 tahun dan setelah pajak sebesar 0,67 tahun dengan nilai BEP sebesar 45%, nilai SDP sebesar 35,46%, dan nilai DCFRR sebesar 20,21%. Berdasarkan hasil analisis evaluasi ekonomi yang telah diperhitungkan, dapat disimpulkan bahwa perancangan pabrik *phenyl cyanide* secara ekonomi dapat dikaji lebih lanjut dan layak untuk didirikan.

Kata Kunci : *Ammonia*, Amoksidasi, *Fixed Bed Reactor*, *Phenyl Cyanide*, *Toluene*

ABSTRACT

As a developing country, development in various industrial sectors is necessary to reduce dependence on other countries. Development in the chemical industry is one innovation that can advance a nation's welfare. Considering the large demand for chemicals and natural resources, the establishment of chemical factories is crucial. phenyl cyanide is one chemical product that has potential for development. phenyl cyanide is a compound with many uses. It can be used as a separating agent in separating naphthalene and alkyl-naphthalene, as well as a synthesis material for benzoguanamine, which is a derivative of melamine. Additionally, phenyl cyanide can also be used as both a raw material and a supporting material in industries such as melamine, coating, molding resin, nickel metal plating, and textiles. phenyl cyanide has the chemical formula C_7H_5N . To meet domestic needs, a phenyl cyanide plant with a capacity of 30,000 tons per year is planned. The production process of phenyl cyanide uses the amoxidation method with toluene, ammonia, and air as raw materials. phenyl cyanide is processed in a Fixed Bed Multitube Reactor (Tubular Flow Reactor) at a temperature of $270^{\circ}C$ with a pressure of 6.5 atm, which takes place in the gas phase, to obtain the phenyl cyanide product. The production process requires 41,953 tons/year of toluene, 15,512 tons/year of ammonia, and 177,975 tons/year of air. Additionally, the plant requires 11,530,594 tons/year of cooling water, 198,454 tons/year of steam, 7,920 tons/year of cooling dowtherm, 227,926 tons/year of heating dowtherm, 10,000 kW of electricity, 1,109 m³/hour of compressed air, and 2,410,865 kl/year of diesel fuel. The analysis results show that this phenyl cyanide plant has a high risk with a minimum ROI value of 44%, a maximum POT value of 2 years, and a BEP value of 40-60%. The fixed capital requirement is calculated at Rp588,453,038,179 with a working capital of Rp2,676,793,687,000. The calculations show a pre-tax ROI value of 67.4% and a post-tax value of 50.56%, a pre-tax POT value of 0.61 years and a post-tax value of 0.67 years, with a BEP value of 45%, an SDP value of 35.46%, and a DCFRR value of 20.21%. Based on the results of the economic evaluation analysis, it can be concluded that the economic design of the phenyl cyanide plant is feasible for further study and suitable for establishment.

Keyword : Ammonia, Amoxidation, Fixed Bed Reactor, Phenyl Cyanide, Toluene

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, Indonesia berusaha semaksimal mungkin untuk mengurangi ketergantungan dari negara lain. Untuk itu, dilakukan pembangunan di segala sektor, terutama pembangunan di bidang industri. Industri kimia adalah merupakan salah satu industri yang diharapkan dapat memajukan pembangunan di Indonesia.

Mengingat kebutuhan akan bahan kimia dan sumber daya alam yang besar maka pendirian pabrik-pabrik kimia sangat diperlukan. Indonesia telah mampu memproduksi Amoniak sebagai bahan dasar industri pupuk nitrogen. Untuk lebih meningkatkan pendapatan negara, perlu dilakukan usaha untuk mengembangkan industri petrokimia yang dapat menghasilkan produk dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi, diantaranya yaitu dengan mendirikan pabrik *phenyl cyanide* dengan bahan dasar *Toluene*, *Ammonia* dan Udara.

Menurut Kirk dan Othmer (1998) *phenyl cyanide* merupakan senyawa yang memiliki banyak kegunaan dalam dunia industri, *phenyl cyanide* dapat digunakan sebagai bahan sintesis benzoguanin yang merupakan derivatif dari melamin. *Phenyl cyanide* juga bermanfaat sebagai separating agent dalam pemisahan *naphthalene* dan *alkyl-naphthalene* dari campuran senyawa non-aromatik melalui distilasi azeotrop. *Naphthalene* berfungsi sebagai *surfactant* dalam *recovery* minyak bumi dan industri detergen. Selain itu, *Phenyl cyanide* juga dapat dijadikan bahan

sekaligus pendukung bagi industri seperti melamin, *coating*, *molding resin*, pelapisan logam nikel, hingga tekstil.

Hingga saat ini Indonesia belum mempunyai pabrik yang dapat memproduksi *phenyl cyanide*, sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia masih harus mengimpor dari negara lain. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2018 Indonesia mengimpor *phenyl cyanide* hampir sebanyak 18.764 ton dan hal ini diperkirakan akan semakin meningkat lagi untuk tahun-tahun berikutnya. Oleh karena itu tujuan didirikan nya pabrik *Phenyl Cyanide* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri agar mengurangi angka impor *Phenyl Cyanide*.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Kapasitas produksi pabrik *phenyl cyanide* yang akan didirikan dapat ditentukan dari banyaknya impor, ekspor, produksi, dan konsumsi *phenyl cyanide* di dalam negeri. Dikarenakan tidak adanya pabrik *phenyl cyanide* di Indonesia maka penentuan kapasitas dapat ditentukan melalui impor dan konsumsi *phenyl cyanide* di indonesia, diantaranya:

1.2.1 Impor *Phenyl Cyanide*

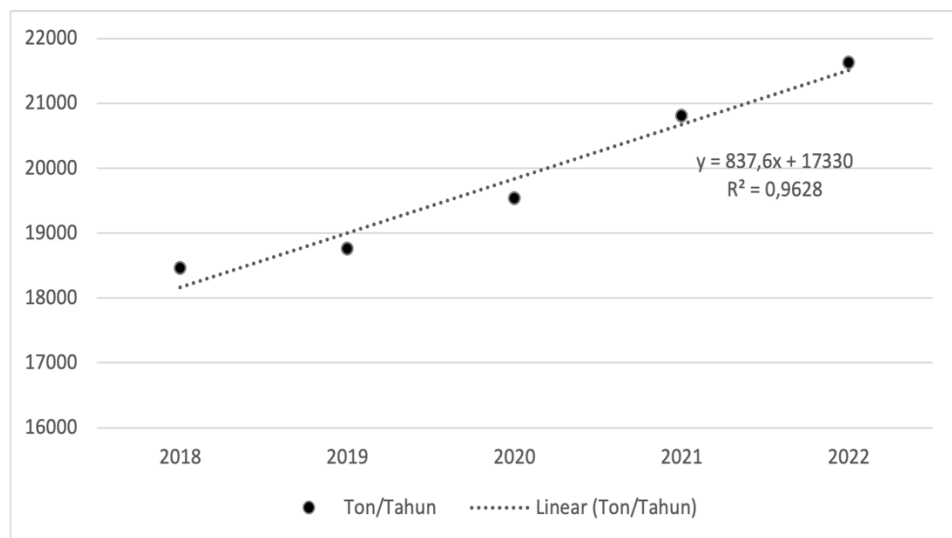
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) didapatkan data impor *phenyl cyanide* di indonesia dari tahun 2018 – 2022 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Data Impor *Phenyl Cyanide* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2018	18.467
2019	18.764
2020	19.538
2021	20.812
2022	21.631

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

Dari Tabel data impor *phenyl cyanide*, proses produksi *phenyl cyanide* direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2028. Untuk mengetahui perkiraan kebutuhan *phenyl cyanide* pada tahun 2028 dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Hasil regresi linear data impor di Indonesia dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. 1 Data Pertumbuhan Impor *Phenyl Cyanide* di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.1 diperoleh persamaan regresi linear yang digunakan untuk menentukan kebutuhan *phenyl cyanide* pada tahun 2028 sebagai berikut:

$$y = 837,6 x + 17.330$$

Dengan keterangan:

y = Kapasitas produksi pabrik yang akan direncanakan

x = Tahun yang akan dicari

Dari persamaan di atas diketahui hasil proyeksi impor pada tahun 2027 adalah:

$$y = 837,6 x + 17.330$$

$$= 1.715.983 \text{ ton}$$

1.2.2 Produksi *Phenyl Cyanide*

Indonesia masih mengandalkan impor *phenyl cyanide* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dikarenakan tidak adanya produksi *phenyl cyanide* dalam negeri. Terdapat beberapa pabrik di dunia yang sudah memproduksi *phenyl cyanide* dalam skala besar seperti China dengan kapasitas pabrik 50.000-100.000 ton/tahun. (echinachem.com) dan di India dengan kapasitas 20.000 ton/tahun (echem.com). Oleh karena itu data produksi untuk menghitung kapasitas adalah 0.

1.2.3 Ekspor *Phenyl Cyanide*

Indonesia tidak pernah mengekspor *phenyl cyanide*, sehingga tidak ada data ekspor *phenyl cyanide*. Oleh karena itu data ekspor untuk menghitung kapasitas adalah 0.

1.2.4 Konsumsi *Phenyl Cyanide*

Melalui data statistik industri manufaktur konsumsi *phenyl cyanide* mencapai 72.931 ton pada tahun 2021 (Manufaktur, BPS). Industri yang menggunakan *phenyl cyanide* sebagai bahan baku produksinya, sebagai berikut:

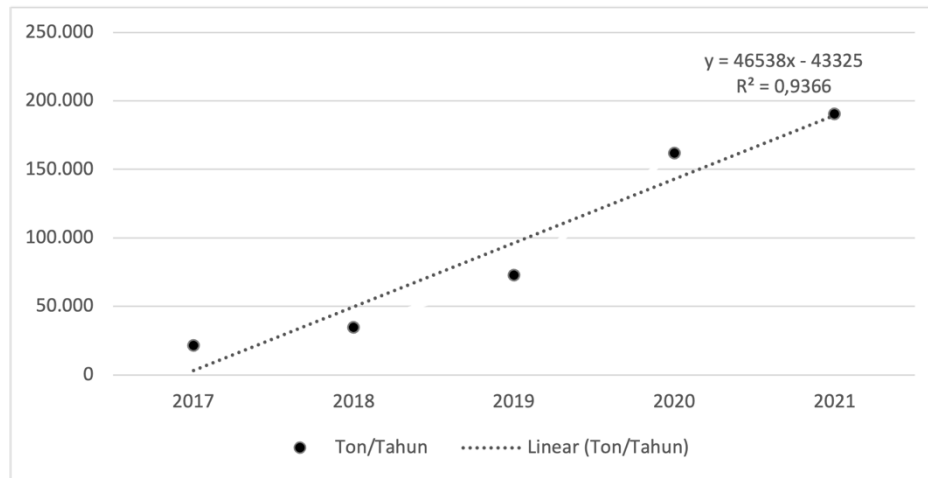
1. Pembuatan dan penyempurnaan tekstil
2. Cat, tinta, pernis dan bahan pelapisan sejenisnya

3. Sabun, deterjen, bahan pembersih dan parfum
4. Farmasi, produk obat kimia dan obat tradisional
5. Barang dari karet untuk keperluan industri
6. Barang logam siap pasang untuk bangunan
7. Peralatan pengontrol dan pendistribusian listrik
8. Peralatan elektrotermal rumah tangga
9. Suku cadang dan aksesoris kendaraan bermotor roda empat atau lebih
10. Furnitur dari kayu
11. Peralatan fotografi dan instrumen optik bukan kaca mata

Tabel 1. 2 Data Konsumsi *Phenyl Cyanide* di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
1	2017	21.224
2	2018	3.704
3	2019	427.055
4	2020	285.477
5	2021	72,931

Sumber: Statistik Industri Manufaktur,(BPS 2021)



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi *Phenyl Cyanide*

Berdasarkan gambar 1.2 diperoleh persamaan regresi linear yang digunakan untuk menentukan proyeksi konsumsi *phenyl cyanide* pada tahun 2028 sebagai berikut:

$$y = 46538x + 43325$$

Dengan keterangan:

y = Kapasitas konsumsi pabrik yang akan direncanakan

x = Tahun yang akan dicari

Maka melalui persamaan di atas diperkirakan pada tahun 2028 Indonesia akan mengkonsumsi *phenyl cyanide* sebesar:

$$y = 46538 \cdot (2028) + 43325$$

$$y = 99.442.389 \text{ ton}$$

1.2.5 Perhitungan Kapasitas

Berdasarkan data supply dan demand pada tahun 2028 maka dapat dihitung peluang kapasitas pabrik *phenyl cyanide* pada tahun 2028 menggunakan persamaan:

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

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

$$\text{Peluang} = (0 + 99.442.389) - (1.715.983 + 0)$$

$$\text{Peluang} = 97.726.406 \text{ ton/tahun}$$

1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *phenyl cyanide* berupa toluene, amonia dan udara. pabrik toluen di Indonesia sangat sedikit, sedangkan ketersediaan amonia cukup banyak sehingga produksinya juga cukup memenuhi dalam negeri. Berikut adalah data kapasitas pabrik toluene dan amonia yang ada di Indonesia.

Tabel 1. 3 Data Produsen *Toluene* dalam negeri

Perusahaan	Kapasitas (Ton/tahun)
PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia	300.000
PT. Pertamina IV Cilacap	12.000
Total	312.000

Tabel 1. 4 Data Produsen *Ammonia* dalam negeri

Perusahaan	Kapasitas (Ton/tahun)
PT. Kaltim Pasifik Amonia	660.000
PT. Pupuk Kujang	330.000
PT. Petrokimia Gresik	825.000
PT. Kaltim Parna Industri	40.000
PT. Surya Esa Perkasa Tbk	700.000
PT. Pupuk Sriwidjaja	660.000
Total	3.215.000

Berdasarkan kebutuhan bahan baku di Indonesia yang banyak, maka pabrik *phenyl cyanide* ini sangat menjanjikan untuk didirikan. Bahan baku pada pabrik *phenyl cyanide* ini didapatkan dari PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia yang memproduksi *toluene* sebesar 300.000 ton/tahun dan PT. Petrokimia Gresik yang memproduksi *ammonia* sebesar 825.000 ton/tahun.

1.2.7 Skala Produksi Pabrik *Phenyl Cyanide*

Setelah meninjau peluang kapasitas dan ketersediaan bahan baku, untuk menghitung kapasitas pabrik yang berdiri juga digunakan analisis kapasitas pabrik komersial yang sudah berdiri. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi prakiraan kapasitas pabrik yang akan didirikan. Tabel 1.2 menunjukkan data pabrik *phenyl cyanide* yang sudah berdiri di dunia

Tabel 1. 5 Data *Phenyl Cyanide* di dunia

Pabrik	Kapasitas (Ton/tahun)	Negara	Referensi
Hebei Yanxi Chemical	50.000	China	echinachem.com
Celanse	20.000	India	comtrade.com
Eastman Chemical	100.000	China	echinachem.com

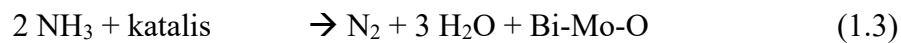
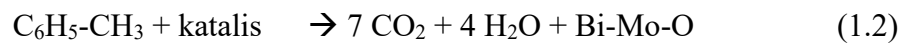
Dengan meninjau ketiga aspek di atas, maka pabrik *phenyl cyanide* ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 30.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Reaksi Toluena dan Amonia Tanpa Udara

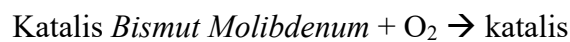
Reaksi ini dilakukan dengan bantuan katalisator Bi-Mo-O (*Bismut-Molibdenum-Oksigen*) pada suhu sekitar 525–550 °C, tekanan atmosferik dan

merupakan reaksi gas-gas (Groggin, 1958). Reaksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:



Katalis diaktivasi kembali dengan mengalirkan udara ke dalam reaktor.

Reaksinya adalah sebagai berikut:

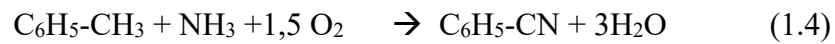


Dengan menggunakan proses ini, maksimum yield *phenyl cyanide* yang diperoleh adalah 61% dengan selektivitas amoniak terhadap *phenyl cyanide* 5-50% (Ridder, 1981). Secara komersial, proses ini kurang menarik untuk diaplikasikan di industri karena yield yang dihasilkan masih cukup rendah, sedangkan suhu yang diperlukan cukup tinggi sehingga sangat tidak ekonomis.

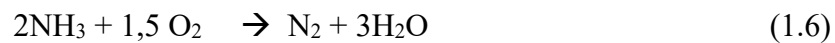
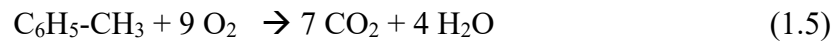
1.3.2 Reaksi Amoksidasi

Reaksi amoksidasi antara toluena dan amoniak berlangsung dengan bantuan udara (oksigen) dan katalisator V-Ti-O. Penyiapan katalis dilakukan dengan mencampurkan aqueous solutions yaitu vanadyl oxalate dan TiOCl_2 yang mengandung 25% w/w vanadium dalam bentuk V_2O_5 dengan promotor CsCl. Setelah terbentuk larutan yang homogen selanjutnya dituang di atas penyangga berbentuk silinder yang terbuat dari Al_2O_3 yang telah mengalami treatment pemanasan hingga suhu 1000°C (Cavali, P., dkk., 1987). Proses ini menghasilkan *phenyl cyanide* dengan yield maksimum 75 % dan dapat mencapai 90% bila dilakukan *recycle* total terhadap toluena (Ridder, 1981). Reaksi utama dari reaksi

amoksidasi antara *toluena* dan *ammonia* dapat dituliskan sebagai berikut (Kirk and Othmer, 1998):



Pada proses ini terdapat dua reaksi samping, yaitu:



Secara umum reaksi amoksidasi dapat berlangsung pada suhu 260-500°C dan tekanan 2 atm, bersifat eksotermis dan merupakan reaksi fase gas. Namun untuk meminimalkan terjadinya reaksi samping maka proses dijalankan pada suhu kurang dari 480°C (Shitara, 2000).

1.3.3 Pemilihan Proses

Berikut ini adalah *production flow* sederhana *phenyl cyanide* di Nippon Shokubai yang menggunakan metode amoksidasi *toluene*:

Tabel 1. 6 Perbandingan proses produksi *phenyl cyanide* dari *toluene* dan *ammonia*

No	Pembanding	Reaksi Tanpa Udara	Reaksi Amoksidasi
1.	Reaksi	Bi-Mo-O	V-Ti-O
2.	Suhu Reaksi	525-550 °C	260-500°C
3.	Tekanan Reaksi	1 atm	2-7 atm
4.	<i>Yield</i> /Perolehan	60%	90% (dengan recycle)
5.	Aplikasi di Industri	Tidak ada	Hebei Yanxi Chemical, Jepang (50.000/tahun) Celanese, India (20.000/tahun)

Tabel 1. 7 Kelebihan dan kekurangan proses produksi *phenyl cyanide* dari *toluene* dan *ammonia*

Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
Reaksi <i>toluene</i> dan <i>ammonia</i> tanpa udara (O_2)	Tidak memerlukan tambahan udara dalam reaksinya	Suhu dan tekanan operasi yang diperlukan lebih tinggi dibandingkan reaksi amoksidasi
Reaksi amoksidasi	- Prosesnya sudah banyak diaplikasikandi industri. - Suhu operasi lebih rendah. - Yield <i>phenyl cyanide</i> yang dihasilkan cukup tinggi mencapai 90%	Perlu <i>pre treatment</i> katalis agar kinerja katalis lebih maksimal

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa reaksi amoksidasi menghasilkan *yield* yang lebih tinggi dengan suhu operasi yang lebih rendah sehingga proses reaksi berlangsung lebih aman serta berpotensi menghasilkan margin keuntungan yang optimal. Selain itu proses amoksidasi juga telah banyak diterapkan oleh industri-industri besar di dunia untuk menghasilkan *phenyl cyanide*. Dari pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka proses amoksidasi dipilih sebagai proses untuk memproduksi *phenyl cyanide* dalam perancangan pabrik ini.

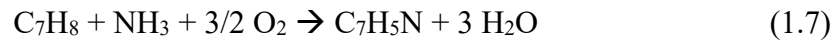
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Dalam Pembuatan *phenyl cyanide*, tinjauan termodinamika diperlukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis), mengetahui reaksi berlangsung

(spontan/tidak spontan) dan mengetahui arah reaksi (*reversible/irreversible*).

Reaksi pembuatan *phenyl cyanide* dari *toluene*, *ammonia* dan udara:



Untuk penentuan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K. Harga (ΔH_f°) masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada table 1.8 berikut:

Tabel 1. 8 Harga ΔH_f° Pada Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔH_f° (kJ/mol)
Toluene (C_7H_8)	50
Ammonia (NH_3)	-46
Oksigen (O_2)	0
Phenyl Cyanide ($\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$)	219
Air (H_2O)	-242

Setelah mengetahui nilai ΔH_f° pada masing-masing komponen, kemudian dihitung nilai entalpi reaksi.

$$\Delta H_{r298} = \Delta H_f^\circ_{\text{produk}} - \Delta H_f^\circ_{\text{reaktan}} \quad (1.8)$$

$$\Delta H_{r298} = [\Delta H_f^\circ(\text{C}_7\text{H}_5\text{N}) + \Delta H_f^\circ(3\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_f^\circ(\text{C}_7\text{H}_8) + \Delta H_f^\circ(\text{NH}_3) + \Delta H_f^\circ(3/2\text{O}_2)]$$

$$\Delta H_{r298} = [(219) + (3 \times (-242))] - [(50) + (-45) + (1,5 \times (0))] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_{r298} = -511 \text{ kJ/kmol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa proses pembuatan *phenyl cyanide* ini merupakan reaksi eksotermis dengan kesetimbangan reaksi mengarah ke kiri. Hal ini ditunjukkan dengan nilai entalpi pembentukan (ΔH_f°) =

–511 kJ/mol, hasilnya negatif yang artinya terdapat pelepasan kalor dari sistem ke lingkungan.

Setelah menghitung entalpi pembentukan, kemudian menghitung nilai *Gibbs* (ΔG_f°) keseluruhan pada reaksi yang sama dan pada suhu 298 K. nilai Gibbs keseluruhan komponen dapat dilihat pada tabel 1.9 berikut

Tabel 1. 9 Harga ΔG_f° Pada Masing-masing Komponen

Komponen	Harga ΔG_f° (kJ/mol)
Toluene (C ₇ H ₈)	122
Ammonia (NH ₃)	-16
Oksigen (O ₂)	0
Phenyl Cyanide (C ₇ H ₅ N)	261
Air (H ₂ O)	-229

$$\Delta G_{r298} = \Delta G_f^\circ \text{produk} - \Delta G_f^\circ \text{reaktan}$$

$$\Delta G_{r298} = [\Delta G_f^\circ(\text{C}_7\text{H}_5\text{N}) + \Delta G_f^\circ(3\text{H}_2\text{O})] - [\Delta G_f^\circ(\text{C}_7\text{H}_8) + \Delta G_f^\circ(\text{NH}_3) + \Delta G_f^\circ(3/2\text{O}_2)]$$

$$\Delta G_{r298} = [(261) + (3 \times (-229))] - [(122) + (-16) + (1,5 \times (0))] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G_{r298} = -531 \text{ kJ/kmol}$$

Dari hasil perhitungan diatas, nilai energi gibbs pembentukan didapatkan (ΔG_f°) = –531 kJ/mol, sehingga reaksi ini berlangsung secara spontan dikarenakan hasil nilai energi gibbs negatif.

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada suhu 298 K menggunakan persamaan (15.14) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\ln K_1 = \frac{-\Delta G_f}{R_g T} \quad (1.9)$$

$$\ln K_1 = \frac{-(-531)}{8,314 \times 298 \text{ K}}$$

$$K_1 = \exp (0,124)$$

$$K_1 = 1,239$$

Pada suhu operasi 270°C (543 K), besarnya konstanta kesetimbangan (K_2) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[-\frac{\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad (1.10)$$

Dengan menghitung menggunakan persamaan (1.10), didapatkan:

$$\ln \frac{K_2}{1,236} = \left[-\frac{-511}{8,314} \right] \left[\frac{1}{543} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{1,239} = \exp (-0,093)$$

$$\frac{K_2}{1,239} = 0,911$$

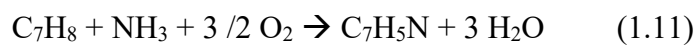
$$K_2 = 1,129$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai K_1 sebesar 1,239 dan nilai K_2 sebesar 1,129, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible* karena nilai K bernilai positif.

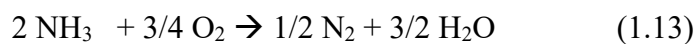
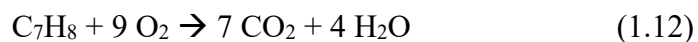
1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika bertujuan untuk mengetahui laju reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi pada proses amoksidasi Toluena dengan adanya Oksigen menghasilkan tiga reaksi, di mana dua di antaranya merupakan reaksi samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Reaksi Utama (Pembentukan produk *phenyl cyanide*)



2. Reaksi Samping



Dari ketiga reaksi diatas, diperoleh persamaan kintetika masing-masing reaksi sebagai berikut:

Persamaan reaksi 1:

$$r_1 = \frac{kP_{\text{C}_7\text{H}_8}}{1 + k_{\text{C}_7\text{H}_8}P_{\text{C}_7\text{H}_8} + k_{\text{NH}_3}P_{\text{NH}_3}} \quad (1.14)$$

Persamaan reaksi 2:

$$r_2 = \frac{k'P_{\text{C}_7\text{H}_8}}{1 + k_{\text{C}_7\text{H}_8}P_{\text{C}_7\text{H}_8} + k_{\text{NH}_3}P_{\text{NH}_3}} \quad (1.15)$$

Persamaan reaksi 3:

$$r_3 = \frac{k''P_{\text{NH}_3}}{1 + k'_{\text{NH}_3}P_{\text{NH}_3}} \quad (1.16)$$

Didapatkan data kinetika menurut (*Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 26, No.4, 1987*) sebagai berikut:

Tabel 1. 10 Nilai Parameter Persamaan Kinetika

Perihal	Suhu °C		
	310	325	339
kr1 [mol/(m ³ s atm)]	482,20	613,30	759,50
kr2 [mol/(m ³ s atm)]	358,60	504,60	683,70
kr3 [mol/(m ³ s atm)]	22,10	27,90	34,20
KC ₇ H ₈	358,54	254,60	191,90
KNH ₃	37,60	29,70	24,10
K'NH ₃	5,15	3,85	3,08

Dari data pada tabel 1.8, Dapat dibuat korelasi antara konstanta dengan suhu operasi dengan persamaan archenius. Didapatkan hasil konstanta kecepatan reaksi mengikuti persamaan:

Reaksi 1:

$$kr1 = 5536070 \frac{-45527.5}{e^{R_g T}} \quad (1.17)$$

Reaksi 2:

$$kr2 = 294267566 \frac{-66038.1}{e^{R_g T}} \quad (1.18)$$

Reaksi 3:

$$kr3 = 221903.97 \frac{-44687.5}{e^{R_g T}} \quad (1.19)$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan perancangan pabrik *Phenylcyanide* dirancang berdasarkan variabel-variabel utama yaitu spesifikasi bahan baku, spesifikasi produk, spesifikasi bahan pembantu, dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. *Toluene*

Tabel 2. 1 Sifat Fisika dan Kimia *Toluene*

Rumus Molekul	C ₇ H ₈
Bentuk	Cair
Warna	Seperti benzena
Bau	Ciri khas
Ambang Bau	0,2 - 68,6 ppm
Berat Molekul	92.08 g/mol
Densitas (T = 25 °C)	0,865 g/mL
Titik Didih Akhir	110 - 111 °C
Tekanan Uap	30,88 hPa pada 21,1 °C
Titik Nyala	4,0 °C
Kelarutan	0,58 g/l pada 25 °C - larut sebagian
Titik lebur	-93 °C
Terendah batas ledakan	1,2 % (V)
Tertinggi batas ledakan	8 % (V)
Tekanan uap	30,88 hPa pada 21,1 °C
Rapat (densitas) relatif	3,18
Densitas	0,865 g/mL pada 25 °C
Kelarutan dalam air	0,58 g/l pada 25 °C - larut sebagian Koefisien partisi (n-oktanol/air) log

	Pow: 2,73 pada 20 °C – Diperkirakan tidak ada potensi bioakumulasi.
Suhu dapat membakar sendiri	535,0 °C
Suhu penguraian	Dapat didistilasi dalam kondisi tidak terurai (undecomposed) pada tekanan normal.
Viskositas, dinamis	0,6 mPa.s pada 20 °C
Sifat peledak	Tidak diklasifikasikan sebagai mudah meledak.
Konduktifitas	< 0,01 μ S/cm
Tegangan permukaan	27,73 mN/m pada 0,516g/l pada 25 °C
Kerapatan (densitas) uap relatif	3,18

(MSDS, *Sigmaaldrich*)

Klasifikasi identifikasi bahaya dan pencegahan ini berdasarkan

(Peraturan(EC) No 1272/2008) :

Tabel 2. 2 Identifikasi Bahaya dan Pencegahan *Toluene*

Piktogram	Hazard	Pencegahan
	1. Cairan dan uap yang sangat mudah terbakar.	1. Jauhkan dari panas atau percikan api/permukaan yang panas. 2. Kenakan sarung tangan pelindung/ pakaian pelindung.
	2. Dapat berbahaya jika tertelan dan masuk ke saluran pernafasan.	3. Jangan menghirup debu/asap/gas/kabut. 4. Gunakan hanya diluar ruangan atau di area yang berventilasi baik. 5. Jaga agar wadah tertutup rapat. 6. Jangan menghirup.
	1. Menyebabkan iritasi kulit. 2. Menyebabkan kantuk atau pusing.	1. JIKA TERKENA KULIT (atau rambut) : Lepaskan/tanggalkan segera semua pakaian yang terkontaminasi. 2. Bilas kulit dengan air/mandi.

	1. Dapat merusak kesuburan janin yang belum lahir. 2. Dapat menyebabkan kerusakan pada organ (Sistem saraf pusat) melalui perpanjangan atau paparan berulang.	1. Dilarang merokok. 2. Jaga wadah tertutup kedap/rapat.
---	---	--

Safety Data Sheet, fishersci)

Tabel 2. 3 Tabel NFPA 704 *Toluene*

Diamond	Hazard	Value	Deskripsi
	 Kesehatan	2	Paparan dalam jumlah besar atau terus menerus tetapi tidak kronis dapat mengakibatkan cacat sementara atau kemungkinan luka residual.
	 Kemudahan terbakar	3	Zat yang dapat terbakar hampir disemua kondisi sekitar.
	 Reaktivitas	0	Stabil, bahkan apabila terpapar dengan api, dan tidak bereaksi dengan air
	Khusus	-	N/A

2. Ammonia

Tabel 2. 4 Sifat Fisika dan Kimia *Ammonia*

Rumus Molekul	NH ₃
Fase (T = 30 °C, P = 1 atm)	Cair
Berat Molekul	17,031 g/mol
Densitas (T = 20 °C)	0,903 g/cm ³
Titik Didih Akhir	37,7 °C pada 1.013 hPa
Tekanan Uap	483 hPa pada 20 °C
Kelarutan	Pada 20 °C larut
Titik leleh	-77.7 °C
Titik didih	-33.4 °C
Berat jenis	0.682 (-33,4 °C)
Berat jenis uap	0.6 (udara=1)
Suhu kritis	133 °C

(MSDS, *Sigmaaldrich*)

Tabel 2. 5 Identifikasi Bahaya *Ammonia*

	Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan.
	Menyebabkan kulit terbakar yang parah dan kerusakan mata.
	Sangat toksik pada kehidupan perairan dengan efek jangka Panjang.

Tabel 2. 6 Tabel NPFA 704 *Ammonia*

Diamond	Hazard	Value	Deskripsi
	 Kesehatan	3	Dapat menyebabkan cedera serius atau permanen..
	 Kemudahan terbakar	1	Harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum terjadi penyalaan.
	 Reaktivitas	0	Biasanya stabil, bahkan dalam kondisi kebakaran.
	Khusus	-	N/A

2.2 Spesifikasi Produk

1. *Phenyl Cyanide* (Produk Utama)

Tabel 2. 7 Sifat Fisika dan Kimia *Phenyl Cyanide*

Rumus Molekul	C ₆ H ₅ N
Keadaan fisik	Cair
Berat Molekul	103,5 g/mol
Densitas (T = 15 °C)	1,000 g/cm ³
Titik Didih Akhir	190,7 °C
Tekanan Uap	1 hPa pada 20 °C
	133 hPa pada 123,5 °C
Titik Nyala	161 °F
Kelarutan	Sedikit larut dalam air
Warna	Tidak berwarna
Titik lebur/titik beku	-13 °C
Titik didih awal/rentang didih	191 °C pada 1.013 hPa
	Tertinggi batas ledakan: 7,2 %(V)

Batas bawah/atas <i>flamabilitas</i> atau ledakan	Terendah batas ledakan: 1,4 %(V)
Titik nyala	70 °C - cawan tertutup
Suhu dapat membakar sendiri	Kira-kira 615 °C pada 1.013 hPa
Viskositas	kinematis: 1,054 mm ² /s pada 37,78°C.
	dinamis: 1,24 mPa.s pada 25 °C
Kelarutan dalam air	0,001 g/l pada 25 °C - agak larut
Koefisien partisi	<i>log Pow</i> : 1,5 pada 20 °C diperkirakan tidak ada potensibioakumulasi.
Tekanan uap	1 hPa pada 20 °C
	133 hPa pada 123,5 °C
Densitas	1,000 g/cm ³
Tegangan Permukaan	0,03 mN/m pada 25 °C
Densitas uap <i>relative</i>	3,56 - (Udara = 1.0)

(MSDS, *Sigmaaldrich*)

Klasifikasi identifikasi bahaya dan pencegahan ini berdasarkan

(Peraturan(EC) No 1272/2008) :

Tabel 2. 8 Identifikasi Bahaya dan Pencegahan *Phenyl Cyanide*

Piktogram	Hazard	Pencegahan
	Berbahaya jika tertelan atau terkena kulit.	Cuci kulit dengan seksama setelah menangani.
		Kenakan sarung tangan pelindung/ pakaian pelindung.
		JIKA TERTELAN dan TERKENA KULIT: Hubungi SENTRA INFORMASI KERACUNAN atau dokter/ tenaga medis jika kamu merasa tidak sehat.
		Tanggalkan pakaian yang terkontaminasi dan cuci sebelum dipakai kembali.

		Buang isi/ wadah ke tempat pembuangan limbah yang disetujui.
	Mengandung racun yang kuat dan memberikan efek yang parah.	Cuci tangan dengan banyak sabun dan air.

Tabel 2. 9 Tabel NFPA 704 *Phenyl Cyanide*

Diamond	Hazard	Value	Deskripsi
	 Kesehatan	3	Paparan dalam jumlah dapat mengakibatkan luka sementara atau luka residual sedang sampai serius.
	 Kemudahan terbakar	2	Pemanasan moderat dapat memicu Pembakaran.
	 Reaktivitas	0	Stabil, bahkan apabila terpapar dengan api, dan tidak bereaksi dengan air
	Khusus	-	N/A

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Phenylcyanide* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada supplier. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku dan bahan-bahan pembantu dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

1. Alat Sistem Kontrol, terbagi dalam :
 - a. *Sensor*, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *thermocouple* untuk sensor suhu.
 - b. *Controller* dan indikator, meliputi level indikator dan control, temperature indicator control, pressure control, flow control.
 - c. *Actuator*, digunakan untuk manipulasi agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.
2. Aliran Sistem Kontrol, terbagi dalam :
 - a. Aliran *pneumatic* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
 - b. Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk data dari sensor ke *controller*.

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

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

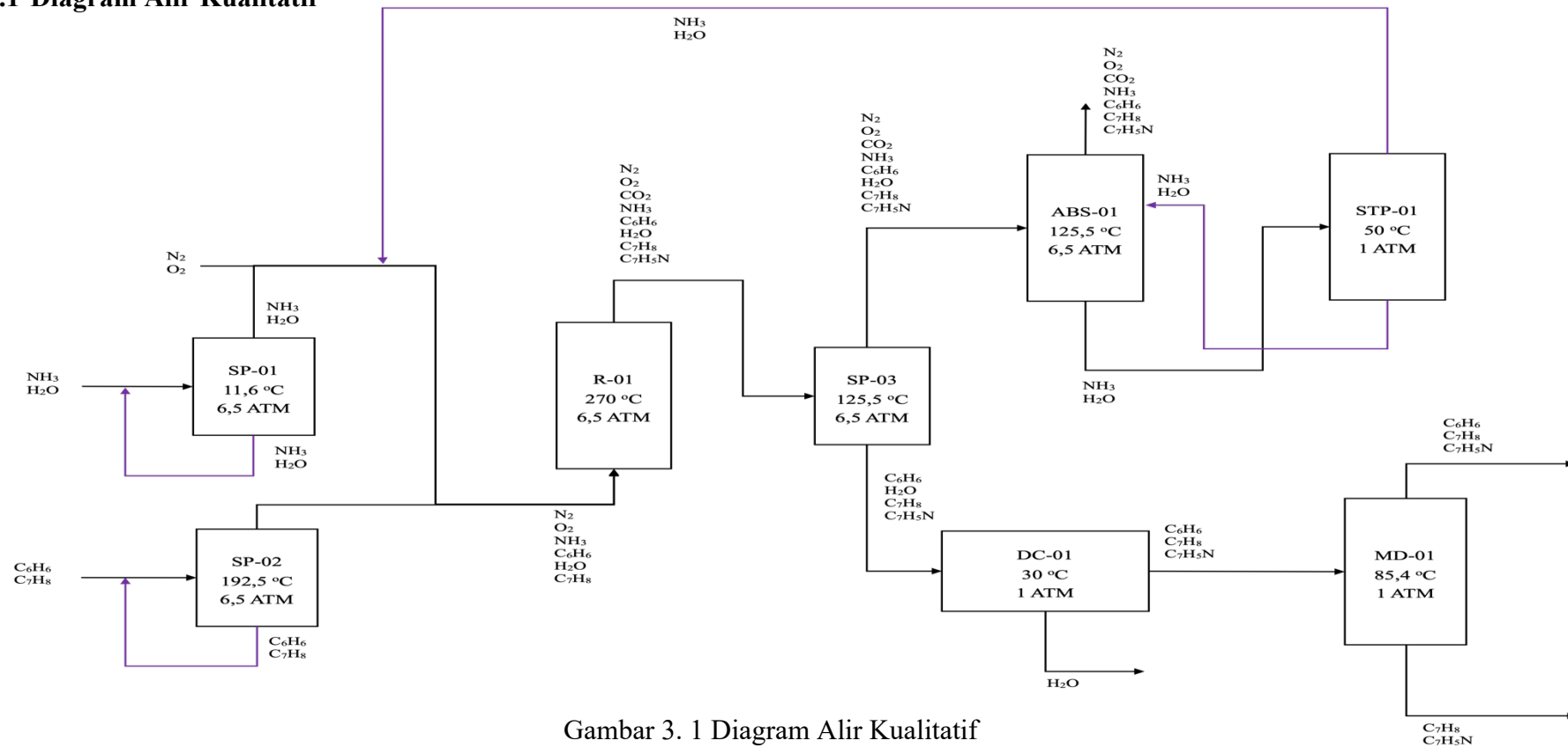
Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Pengendalian dilakukan setiap tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian ini meliputi pengawasan terhadap mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. semua pengawasan mutu dapat dilakukan dengan analisis bahan di laboratorium maupun penggunaan alat kontrol.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

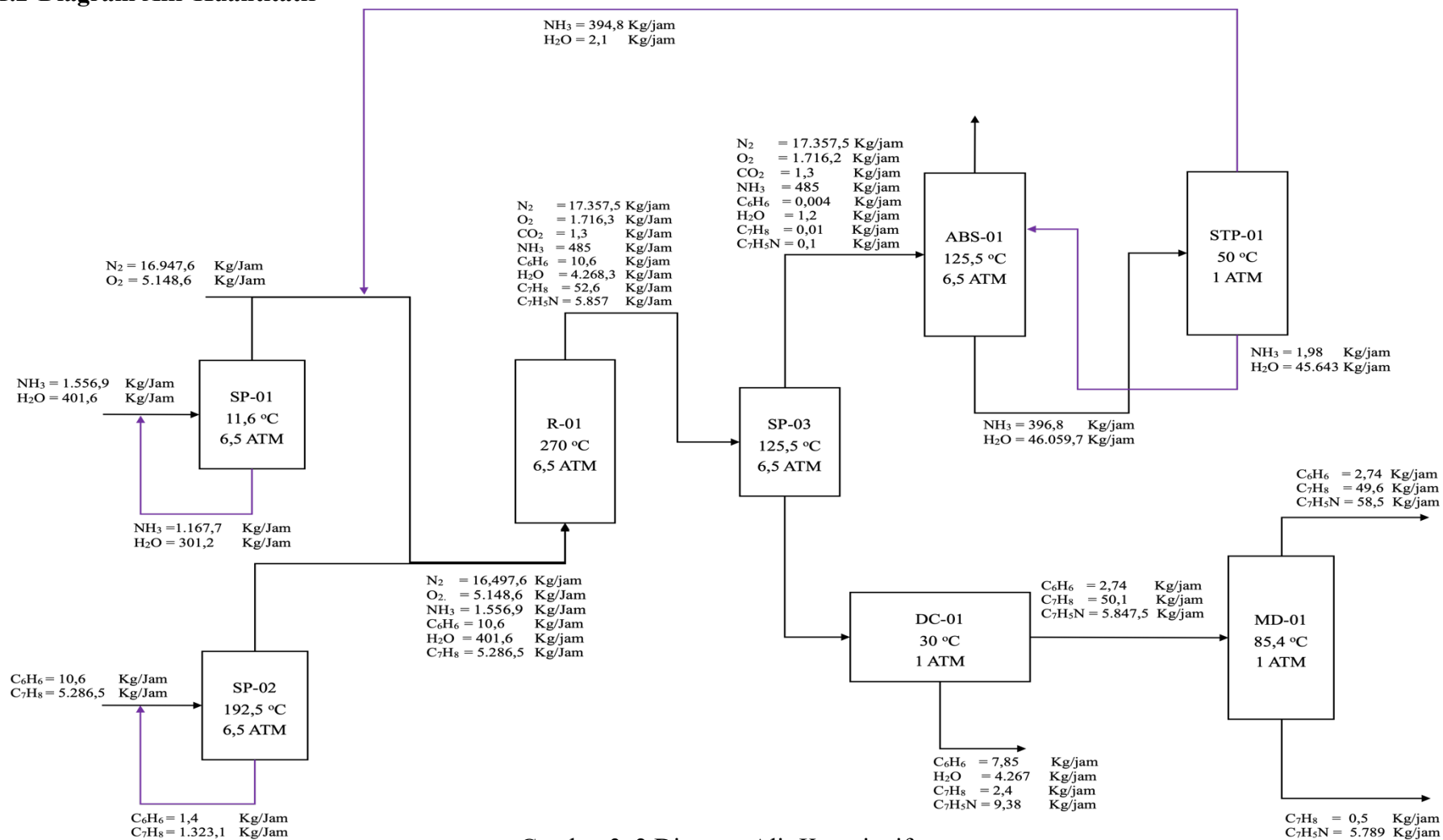
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Pra rancangan Pabrik *Phenylcyanide* dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun, reaksi yang digunakan merupakan reaksi antara *Ammonia* dan *Toluene* dalam fase gas dengan persamaan reaksi sebagai berikut :

Untuk mempercepat terjadinya reaksi amoksidasi, maka diperlukan adanya bahan yang berfungsi sebagai katalisator. Katalisator yang digunakan dalam reaksi amoksidasi ini adalah *Vandium Pentaoksida* (V_2O_5).

Proses pembuatan *Phenylcyanide* dibagi menjadi 3 proses, antara lain :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

3.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku Ammonia 99,95% dari produsen dialirkan dan disimpan ke dalam tangki penyimpanan (T-01) untuk persediaan selama 15 hari pada suhu 30 °C dan tekanan 12 atm. Bahan baku Toluene 99,8% dari produsen dialirkan dan disimpan ke dalam tangki penyimpanan (T-02) untuk persediaan selama 15 hari pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Kemudian, Udara ditekan dan dialirkan ke reaktor (R-01). Katalisator berupa *Vanadium Pentaoksida* (V_2O_5) digunakan untuk mempercepat terjadinya reaksi amoksidasi dengan kondisi operasi pada suhu 270 °C - 360 °C dan tekanan 6,5 atm.

3.2.2 Tahap Reaksi

Dari tangki penyimpanan (T-01) akan dialirkan bahan baku Ammonia menggunakan *Expansion Valve* (EV-01) menuju Separator (SP-01) untuk dipisahkan antara fase uap dengan fase cair, hasil atas separator yang berupa fase uap dipanaskan menggunakan *Heat Exchanger* (HE-02), kemudian hasil bawah yang berupa fase cair di *recycle*. Bahan baku Toluene pada tangki penyimpanan (T-02) akan dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju *Vaporizer* (VP-01) untuk diuapkan, kemudian masuk ke Separator (SP-02) untuk dipisahkan antara fase uap dan fase cair, hasil atas separator yang berupa uap di panaskan menggunakan *Heat Exchanger* (HE-03), lalu hasil bawah yang berupa fase cair di *recycle*. Udara dialirkan menggunakan kompressor (K-01) dan sebelum masuk Reaktor (R-01) dipanaskan menggunakan *Heat Exchanger* (HE-01). Ketiga bahan baku Ammonia, Toluene dan Udara yang sudah menjadi uap dan telah dipanaskan sampai 270 °C suhu reaktor dengan tekanan 6,5 atm, dimasukkan kedalam Reaktor (R-01). Dalam Reaktor (R-01) terjadi reaksi amoksidasi dalam pembentukan produk Phenylcyanide dengan bantuan katalisator Vanadium Pentaoksida (V_2O_5), dari reaksi tersebut dihasilkan suhu keluar reaktor 359 °C dengan tekanan sebesar 6,5 atm. Hasil reaksi tersebut didinginkan menggunakan Waste Heat Boiler (WHB-01) dan diembunkan menggunakan Condensor Partial (CD-P), Kemudian dialirkan menuju separator (SP-03) untuk dilakukan tahap pemisahan.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil reaksi dari Reaktor (R-01) akan dialirkan ke separator (SP-03) untuk memisahkan fase gas dan fase cair. Proses pemisahan ini berdasarkan dari perbedaan kelarutan dan massa jenis (densitas) dari komponen. Fase cair akan

dialirkan menuju ke *Decanter* (DC-01) untuk memisahkan H_2O dengan komponen lainnya sebelum Menara Distilasi (MD-01), Menara Distilasi (MD-01) digunakan untuk memisahkan produk utama yang berupa *Phenyl Cyanide* dengan produk samping, hasil pemisahan antara produk utama dengan produk samping masing-masing didinginkan menggunakan *Cooler* (CL-02) dan *Cooler* (CL-02) sampai suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, setelah didinginkan *Phenyl Cyanide* disimpan kedalam Tangki (T-03) dan produk samping disimpan kedalam Tangki (T-04), kemudian dijual. Sedangkan fase gas dimasukkan kedalam *Absorber* (ABS-01) untuk memisahkan antara *solute* dengan campuran nya, *solute* yang berupa NH_3 dipisahkan dengan campuran nya yang berupa N_2 , O_2 , CO_2 . proses pemisahan ini dibantu dengan cairan *solvent* H_2O sebanyak 70%, NH_3 yang telah dipisahkan ini akan di *recycle* kedalam Reaktor (R-01), sebelum masuk ke Reaktor (R-01), NH_3 dimasukkan kedalam *Stripper* (STP-01) untuk memisahkan nya dengan *solvent* H_2O , setelah proses pemisahan didalam *Stripper* (STP-01) dihasilkan NH_3 yang menjadi fase gas dengan kemurnian 98%, NH_3 yang dihasilkan dialirkan menggunakan kompressor (K-02) menuju Reaktor (R-01) melalui *Heater* (HE-02) untuk penyesuaian pada suhu masuk reaktor (R-01).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Kode	T-01	T-02	T-03	T-04
Fungsi	Menyimpan kebutuhan <i>Ammonia</i> (NH ₃)	Menyimpan kebutuhan <i>Toluene</i> (C ₇ H ₈)	Menyimpan produk <i>Phenyl Cyanide</i> (C ₇ H ₅ N)	Menyimpan produk sampling
Lama Penyimpanan	15 hari	15 hari	30 hari	30 hari
Jenis	Silinder Horizontal	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<i>Over Design</i>	20%	20%	20%	20%
Kondisi Operasi				
Suhu (°C)	30	30	50	50
Tekanan (atm)	12	1	1	1
Dimensi				
Volume Bahan (m ³)	1.084	2.217	4.256	88,2
Volume Tangki (m ³)	1.301	2.660	5.107	105,8
Diameter (m)	8,2	13,7	48,7	5,4
Panjang/Tinggi (m)	24,6	19,5	11	9,1

Tabel 3. 2 Spesifikasi Accumulator-01

<i>Accumulator-01</i>	
Kode	AC-01
Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari (CD-01)
Lama Penyimpanan	10 menit
Jenis	Silinder Horizontal
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
<i>Over Design</i>	20%

Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	129,8
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume Bahan (m ³)	0,0288
Volume Tangki (m ³)	0,0346
Diameter (m)	2
Panjang (m)	6

3.3.2 Reaktor

Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor-01

Spesifikasi Umum	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan NH ₃ , C ₆ H ₆ , dan Udara menjadi C ₇ H ₅ N
Jenis Bed	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Jenis Head	<i>Elipsodial</i>
Mode Operasi	<i>Steady State</i>
Bahan	<i>Carbon Steel A 285</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	270 – 360
Tekanan (atm)	6,5
Dimensi	
Volume <i>Bed</i> (m ³)	370,4
Tinggi <i>Bed</i> (m)	12,44
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,025
Tinggi <i>Head</i> (m)	0,932
Tebal <i>Head</i> (m)	0,027
Katalis	

Jenis	Vanadium Oksida (V_2O_5)
Bentuk	Butiran
Diameter (m)	0,005
Porositas	0,6

3.3.3 Separator

Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator-01

Spesifikasi Umum	
Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan NH_3 uap dan Cair
Jenis	Vertikal separator
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}C$)	11,6
Tekanan (atm)	6,5
Dimensi	
Volume (m^3)	0,353
Tinggi (m)	4,5
Diameter (m)	2

Tabel 3. 5 Spesifikasi Separator-02

Spesifikasi Umum	
Kode	SP-02
Fungsi	Memisahkan C_7H_8 uap dan cair
Jenis	Vertikal separator
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	

Suhu (°C)	192,5
Tekanan (atm)	6,5
Dimensi	
Volume (m ³)	0,2
Tinggi (m)	4,5
Diameter (m)	1

Tabel 3. 6 Spesifikasi Separator-03

Spesifikasi Umum	
Kode	SP-03
Fungsi	Memisahkan N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ O dengan C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ dan C ₇ H ₅ N
Jenis Alat	Vertikal separator
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	125,5
Tekanan (atm)	6,5
Dimensi	
Volume (m ³)	1,85
Tinggi (m)	4,5
Diameter (m)	3

3.3.4 Decanter

Tabel 3. 7 Spesifikasi Decanter-01

Spesifikasi Umum	
Kode	DC-01
Fungsi	Memisahkan H ₂ O dengan C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ dan C ₇ H ₅ N
Jenis	Silinder Horizontal
Bahan	<i>Carbon Steel</i>

Waktu tinggal	10 menit
<i>Over Design</i>	20%
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	20
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume Bahan (m ³)	1,67
Volume <i>Decanter</i> (m ³)	2
Panjang (m)	3,28
Diameter (m)	0,95

3.3.5 Absorber

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Absorber*-01

Spesifikasi Umum	
Kode	ABS-01
Fungsi	Menyerap NH ₃ gas dengan media penyerap H ₂ O
Jenis Alat	<i>Packed Column</i>
Jenis <i>Head</i>	<i>Elipsoidal</i>
Bahan	<i>Stainless Steel A 285</i>
Waktu tinggal	2 menit
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu atas (°C)	50
Suhu bawah (°C)	50
Tekanan (atm)	6,5
Dimensi	
Tinggi (m)	20
Diameter (m)	1,52
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,008
Tinggi <i>Head</i> (m)	0,3

Tebal <i>Head</i> (m)	0,001
-----------------------	-------

3.3.6 *Stripper*

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat *Stripper*-01

Spesifikasi Umum	
Kode	STP-01
Fungsi	Memisahkan NH_3 dengan H_2O
Jenis Alat	<i>Tray Tower</i>
Bahan	<i>Stainless Steel A 285</i>
Waktu tinggal	2 menit
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Suhu atas ($^{\circ}\text{C}$)	86,2
Suhu bawah ($^{\circ}\text{C}$)	100,3
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Tinggi (m)	18,2
Diameter (m)	5
Tray	
Jenis <i>Tray</i>	<i>Sieve</i>
Tinggi (m)	13,7
<i>Tray Spacing</i> (m)	0,91
Jumlah <i>Plate</i> aktual	17

3.3.7 Menara Distilasi

Tabel 3. 10 Spesifikasi Menara Distilasi-01

Spesifikasi Umum	
Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan produk $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$ dengan produk samping C_6H_6 dan C_7H_8

Jenis Alat	<i>Tray Tower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Waktu tinggal	2 menit
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Umpan (°C)	85,4
Distilat (°C)	130
Bottom (°C)	191
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Diameter (m)	4
Tinggi (m)	23,15
Tray	
Jenis <i>Tray</i>	<i>Sieve</i>
Tinggi (m)	19,2
Tebal tray (mm)	5
<i>Tray Spacing</i> (m)	0,6
Jumlah <i>Plate</i> aktual	34

3.3.8 Heater

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Heater-01*

Heater (HE-01)	
Kode	HE-01
Fungsi	Memanaskan udara sebelum masuk reaktor
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	650.158
Luas Transfer Panas (ft ²)	102,26
Tekanan (atm)	6,5

<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	242,6
Suhu Keluar (°C)	270
ID (in)	12
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,254
<i>Pressure Drop</i>	6.749 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	300
Suhu Keluar (°C)	300
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	122
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	6
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	201 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	2,39
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Heater-02*

Heater (HE-02)	
Kode	HE-02
Fungsi	Memanaskan NH ₃ sebelum masuk reaktor
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	1.359.146

Luas Transfer Panas (ft ²)	22,4
Tekanan (atm)	6,5
<i>Annulus</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	300
Suhu Keluar (°C)	300
ID (in)	2,07
OD (in)	2,38
L (ft)	12
<i>Hairpin</i>	6 batang
<i>Pressure Drop</i>	25.407 Pa
<i>Inner Pipe</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	11,6
Suhu Keluar (°C)	270
ID (in)	1,66
OD (in)	1,38
L (ft)	12
<i>Hairpin</i>	6 batang
<i>Pressure Drop</i>	668 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	0,617
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heater-03*

Heater (HE-03)	
Kode	HE-03
Fungsi	Memanaskan C ₇ H ₈ sebelum masuk reaktor
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>

Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	70.198.305
Luas Transfer Panas (ft ²)	4.957
Tekanan (atm)	6,5
<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	192,5
Suhu Keluar (°C)	270
ID (in)	60
Jarak <i>Baffle</i> (m)	1,524
<i>Pressure Drop</i>	3.582 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	300
Suhu Keluar (°C)	300
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	2861
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	16
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	8.755 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	2,43
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heater-04*

Heater (HE-04)	
Kode	HE-04
Fungsi	Memanaskan hasil dari DC-01 sebelum masuk MD-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	449.821
Luas Transfer Panas (ft ²)	158
Tekanan (atm)	1
<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	20
Suhu Keluar (°C)	85,4
ID (in)	8
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,2032
<i>Pressure Drop</i>	4 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	150
Suhu Keluar (°C)	150
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	48
<i>Passes</i>	2
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	16
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	275 Pa
Rd	

Rd (kJ/m ² . s. K)	1,208
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heater-05*

Heater (HE-05)	
Kode	HE-05
Fungsi	Memanaskan hasil bawah ABS-01 sebelum masuk STP-01
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	5.065.196
Luas Transfer Panas (ft ²)	95,46
Tekanan (atm)	1
<i>Annulus</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	150
Suhu Keluar (°C)	150
ID (in)	2,07
OD (in)	2,38
L (ft)	15
<i>Hairpin</i>	10 batang
<i>Pressure Drop</i>	12,07 Pa
<i>Inner Pipe</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	20
Suhu Keluar (°C)	85,4
ID (in)	1,38

OD (in)	1,66
L (ft)	17
<i>Hairpin</i>	10 batang
<i>Pressure Drop</i>	28,41 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,578
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.9 Cooler

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Cooler-01*

Cooler (CL-01)	
Kode	CL-01
Fungsi	Mendinginkan hasil bawah SP-03 sebelum masuk DC-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	2.751.234
Luas Transfer Panas (ft ²)	408,4
Tekanan (atm)	1
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	125,5
Suhu Keluar (°C)	30
ID (in)	14
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,3556
<i>Pressure Drop</i>	3,46 Pa
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	5
Suhu Keluar (°C)	10

ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	130
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	16
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	11.443 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,6
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Cooler-02*

Cooler (CL-02)	
Kode	CL-02
Fungsi	Mendinginkan hasil bawah RB-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	1.563.276
Luas Transfer Panas (ft ²)	132
Tekanan (atm)	1
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	191
Suhu Keluar (°C)	50
ID (in)	8
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,203
<i>Pressure Drop</i>	3,76 Pa
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Dingin

Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	40
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	42
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch (in)</i>	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	16
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	9.028 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,672
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Cooler-03*

Cooler (CL-03)	
Kode	CL-03
Fungsi	Mendinginkan produk sampling
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	17.907
Luas Transfer Panas (ft ²)	22,43
Tekanan (atm)	1
<i>Annulus</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	129,8
Suhu Keluar (°C)	50
ID (in)	2,07
OD (in)	2,38
L (ft)	12

<i>Hairpin</i>	2 batang
<i>Pressure Drop</i>	1,37 Pa
<i>Inner Pipe</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	40
ID (in)	1,66
OD (in)	1,38
L (ft)	12
<i>Hairpin</i>	2 batang
<i>Pressure Drop</i>	5,5 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,71
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Cooler-04*

Cooler (CL-04)	
Kode	CL-04
Fungsi	Mendinginkan C7H5N
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	9.579.593
Luas Transfer Panas (ft ²)	1.483
Tekanan (atm)	1
<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	100,3
Suhu Keluar (°C)	50
ID (in)	24
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,61

<i>Pressure Drop</i>	12,1 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	40
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	472
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	16
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	3.077 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,72
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.10 *Vaporizer*

Tabel 3. 20 Spesifikasi *Vaporizer-01*

Vaporizer (VP-01)	
Kode	VP-01
Fungsi	Menguapkan C ₇ H ₈
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	4.816.431
Luas Transfer Panas (ft ²)	1.112
Tekanan (atm)	6,5
<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin

Suhu Masuk (°C)	65,4
Suhu Keluar (°C)	192,5
ID (in)	28
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,7112
<i>Pressure Drop</i>	4,9 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	202
Suhu Keluar (°C)	202
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	636
<i>Passes</i>	2
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	12
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	2.935 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	0,624
Rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.11 *Waste Heat Boiler*

Tabel 3. 21 Spesifikasi *Waste Heat Boiler-01*

Waste Heat Boiler (WHB-01)	
Kode	WHB-01
Fungsi	Mendinginkan gas keluar dari R-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	3.218.896
Luas Transfer Panas (ft ²)	5.330

Tekanan (atm)	6,5
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	150
ID (in)	10
L (ft)	24
<i>Pressure Drop</i>	Menggenang
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	359
Suhu Keluar (°C)	280
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	73
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	24
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	115.510 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	2,21
rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.12 Condensor Partial

Tabel 3. 22 Condensor Partial-01

Condensor Partial (CDP-01)	
Kode	CDP-01
Fungsi	Mengembunkan C ₆ H ₆ , C ₇ H ₈ dan C ₇ H ₅ N dari gas yang tidak terembunkan
Jenis	<i>Shell and Tube</i>

Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	23.063.116
Luas Transfer Panas (ft ²)	65.898
Tekanan (atm)	6,5
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	280
Suhu Keluar (°C)	125,5
ID (in)	120
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,787
<i>Pressure Drop</i>	1,51 Pa
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	50
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	909
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	24
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	9.493 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,72
rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.13 *Condensor*

Tabel 3. 23 Spesifikasi *Condensor-01*

Condensor (CD-01)

Kode	CD-01
Fungsi	Mendinginkan suhu gas keluar dari MD-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	99.394
Luas Transfer Panas (ft ²)	75
Tekanan (atm)	6,5
<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	169
Suhu Keluar (°C)	130
ID (in)	8
Jarak <i>Baffle</i> (m)	0,203
<i>Pressure Drop</i>	0,07 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	30
Suhu Keluar (°C)	40
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	64
<i>Passes</i>	1
<i>Pitch</i> (in)	15/16 <i>triangular</i>
L (ft)	8
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	17,3 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	37,3
rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.14 Reboiler

Tabel 3. 24 Spesifikasi *Reboiler-01*

Reboiler (RB-01)	
Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan sebagian cairan dari MD-01
Jenis	<i>Kettle Reboiler</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	185.608
Luas Transfer Panas (ft ²)	53
Tekanan (atm)	1
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	186,4
Suhu Keluar (°C)	191
ID (in)	8
<i>Pressure Drop</i>	<i>Pool Boiling</i>
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	200
Suhu Keluar (°C)	200
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	34
<i>Passes</i>	4
<i>Pitch (in)</i>	<i>15/16 triangular</i>
L (ft)	8
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	31,5 Pa
Rd	

Rd (kJ/m ² . s. K)	0,9
rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

Tabel 3. 25 Spesifikasi *Reboiler-02*

Reboiler (RB-02)	
Kode	RB-02
Fungsi	Menguapkan sebagian cairan yang berasal dari STP-01
Jenis	<i>Kettle Reboiler</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas (kJ/jam)	1.224.947
Luas Transfer Panas (ft ²)	53,4
Tekanan (atm)	1
Shell	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk (°C)	100,25
Suhu Keluar (°C)	100,3
ID (in)	8
<i>Pressure Drop</i>	<i>Pool Boiling</i>
Tube	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk (°C)	180
Suhu Keluar (°C)	180
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	34
<i>Passes</i>	4
<i>Pitch (in)</i>	<i>15/16 triangular</i>
L (ft)	8

BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	966,5 Pa
Rd	
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,02
rdmin (kJ/m ² . s. K)	0,529

3.3.15 Pompa

Tabel 3. 26 Spesifikasi Pompa

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Memompa bahan baku <i>Ammonia</i> dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan (T-01)	Memompa bahan baku <i>Toluene</i> dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan (T-02)	Memompa <i>Toluene</i> dari tangki penyimpanan ke <i>Vaporizer</i> (VP-01)	Memompa <i>Ammonia</i> cair dari Separator (SP-01) ke <i>Expansion Valve</i>	Memompa NH ₃ dan H ₂ O dari <i>Reboiler</i> (RB-02) menuju <i>Absorber</i> (ABS-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi					
Tekanan (atm)	12	1	1	6,5	1
Suhu (°C)	30	30	30	30	100,4
Spesifikasi Pompa					
Viskositas (kg/m s)	0,00013	0,00052	0,00052	0,132	0,00028
Kapasitas (m ³ /jam)	48	48	6,159	4,4	2.026,9
Head (m)	6,96	23,4	69,6	30	28,6
Daya Motor (HP)	1	5	3	0,5	300

Kode	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10
Fungsi	Memompa air dari <i>Decanter</i> (DC-01) ke Unit Pengolahan Limbah	Memompa <i>Benzene, Toluene</i> dan <i>Phenyl Cyanide</i> dari <i>Decanter</i> (DC – 01) ke Menara Distilasi	Memompa bahan dari <i>Acumulator</i> (ACC– 01) ke tangki penyimpanan produk sampling (T– 04)	Memompa produk dari <i>Reboiler</i> (RB-01) menuju tangki penyimpanan produk (T-03)	Memompa produk <i>Phenyl Cyanide</i> dari tangki penyimpanan (T – 03) ke tangki penjualan
Jenis	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi					
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1
Suhu (°C)	100,4	100,4	129,8	191	50
Spesifikasi Pompa					
Viskositas (kg/m s)	0,00028	0,00042	0,00032	0,00028	0,86
Kapasitas (m ³ /jam)	4,48	6,32	0,15	6,84	5,91
Head (m)	88,7	28,1	21,1	14,5	52,2
Daya Motor (HP)	2	1,5	1	1	2

Kode	P-11
Fungsi	Memompa produk <i>Phenyl Cyanide</i> dari tangki penyimpanan (T – 04) ke tangki penjualan
Jenis	Pompa Sentrifugal
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	1
Suhu (°C)	50
Spesifikasi Pompa	
Viskositas (kg/m s)	0,653
Kapasitas (m ³ /jam)	0,12
Head (m)	0,836
Daya Motor (HP)	1

3.3.16 Kompresor

Tabel 3. 27 Spesifikasi Kompresor-01

Spesifikasi Umum	
Kode	K-01
Fungsi	Menekan Udara
Jenis	Kompresor Sentrifugal
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Jumlah Stage	1
Daya Motor (HP)	1500
Kondisi Operasi	
P1 (atm)	1
P2 (atm)	6,5
T1 (°C)	30
T2 (°C)	242,6

Tabel 3. 28 Spesifikasi Kompresor-02

Kompresor (K-02)	
Kode	K-01
Fungsi	Menekan NH ₃ dari STP-01 ke R-01
Jenis	Kompresor Sentrifugal
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Jumlah Stage	1
Daya Motor (HP)	150
Kondisi Operasi	
P1 (atm)	1
P2 (atm)	6,5
T1 (°C)	86,2
T2 (°C)	106,7

3.4 Neraca Massa dan Neraca Panas

3.4.1 Neraca Massa Alat

1. Neraca Massa *Vaporizer* (VP-01)

Tabel 3. 29 Neraca Massa *Vaporizer* (VP-01)

Komponen	Massa Input		Massa Output
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂			
O ₂			
CO ₂			
NH ₃			
C ₆ H ₆	10.6	1,4	12
H ₂ O			
C ₇ H ₈	5.286,5	1.323,1	6.609,6
C ₇ H ₅ N			

Sub total	5.297,1	7.849,4
Total	6.621,6	6.621,6

2. Neraca Massa Separator (SP-01)

Tabel 3. 30 Neraca Massa di Separator (SP-01)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 4	Arus 3	Arus 5
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂			
O ₂			
CO ₂			
NH ₃	2.724,7	1.167,7	1.556,9
C ₆ H ₆			
H ₂ O	702,8	301,2	401,6
C ₇ H ₈			
C ₇ H ₅ N			
Sub total	3.427,5	1.468,9	1.958,6
Total	3.427,5	3.427,5	

3. Neraca Massa Separator (SP-02)

Tabel 3. 31 Neraca Massa di Separator (SP-02)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 9	Arus 8	Arus 10
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂			
O ₂			
CO ₂			
NH ₃			
C ₆ H ₆	12	1,4	10,6
H ₂ O			

C ₇ H ₈	6.609,6	1.323,1	5.286,5
C ₇ H ₅ N			
Sub total	6.621,6	7.849,4	
Total	6.621,6	6.621,6	

4. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 32 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Massa Input	Massa Output
	Arus 12	Arus 13
	Kg/jam	Kg/jam
N ₂	16.947	17.357,5
O ₂	5.148,6	1.716,2
CO ₂		1,3
NH ₃	1.951,7	485
C ₆ H ₆	10,6	10,6
H ₂ O	403,7	4.268,3
C ₇ H ₈	5.286,5	52,6
C ₇ H ₅ N		5.857
Total	29.748,5	29.748,5

5. Neraca Massa Separator (SP-03)

Tabel 3. 33 Neraca Massa Separator (SP-03)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 13	Arus 14	Arus 19
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂	17.357	17.357	
O ₂	1.716	1.716	
CO ₂	1,3	1,3	
NH ₃	485	485	
C ₆ H ₆	10,6		10,6

H ₂ O	4.268	1,2	4.267,1
C ₇ H ₈	52,6		52,6
C ₇ H ₅ N	5.857	0,1	5.856,9
Sub total	29.748,5	19.561,3	10.187,2
Total	29.748,5		29.748,5

6. Neraca Massa *Absorber* (ABS-01)

Tabel 3. 34 Neraca Massa *Absorber* (ABS-01)

Komponen	Massa Input		Massa Output	
	Arus 14 Kg/jam	Arus 18 Kg/jam	Arus 15 Kg/jam	Arus 16 Kg/jam
N ₂	17.357		17.357	
O ₂	1.716		1.716	
CO ₂	1,3		1,3	
NH ₃	485	1,98	88,2	396,7
C ₆ H ₆				
H ₂ O	1,2	45.641	1,2	45.643,1
C ₇ H ₈				
C ₇ H ₅ N	0,1		0,1	
Sub total	19.561,3	46.062,8	19.164,5	46.039,9
Total	65.204,3		65.204,3	

7. Neraca Massa *Stripper* (STP-01)

Tabel 3. 35 Neraca Massa *Stripper* (STP-01)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 16 Kg/jam	Arus 17 Kg/jam	Arus 18 Kg/jam
N ₂			
O ₂			
CO ₂			

NH ₃	396,7	394,8	1,98
C ₆ H ₆			
H ₂ O	45.643,1	2,1	45.641
C ₇ H ₈			
C ₇ H ₅ N			
Sub total	46.039,9	396,9	45.643
Total	46.039,9	46.039,9	

8. Neraca Massa *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 36 Neraca Massa *Decanter* (DC-01)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 21	Arus 20	Arus 21
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂			
O ₂			
CO ₂			
NH ₃			
C ₆ H ₆	10,6	7,85	2.74
H ₂ O	4.267	4.267	
C ₇ H ₈	52,6	2,4	50,1
C ₇ H ₅ N	5.856,9	9,38	5.847,5
Sub total	10.187,2	4.286,7	5.900,4
Total	10.187,2	10.187,2	

9. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 37 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 21	Arus 22	Arus 23
	Kg/jam	Kg/jam	Kg/jam
N ₂			
O ₂			

CO ₂			
NH ₃			
C ₆ H ₆	2,74	2,74	0,001
H ₂ O			
C ₇ H ₈	50,1	49,6	0,5
C ₇ H ₅ N	5.847,5	58,5	5.789
Sub total	5.900,4	110,4	5.789,5
Total	5.900,4		5.900,4

3.4.2 Neraca Panas Alat

1. Neraca Panas *Vaporizer* (VP-01)

Tabel 3. 38 Neraca Panas *Vaporizer* (VP-01)

Komponen	Q _{in} (kJ/jam)	Q _{out} (kJ/jam)
C ₆ H ₆	7.942	27.774
C ₇ H ₈	844.231	5.640.380
<i>Steam</i>	83.288.589	78.472.158
Total	84.140.312	84.140.312

2. Neraca Panas *Heater* (HE-01)

Tabel 3. 39 Neraca Panas *Heater* (HE-01)

Komponen	Q _{in} (kJ/jam)	Q _{out} (kJ/jam)
N ₂	4.357.432,3	4.849.235
O ₂	1.223.488	1.361.577,3
H ₂ O	179.559,6	199.825,6
<i>Steam</i>	11.242.919	10.592.761
Total	17.003.399	17.003.399

3. Neraca Panas *Heater* (HE-02)

Tabel 3. 40 Neraca Panas *Heater* (HE-02)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
NH ₃	52.185,1	1.211.736,1
H ₂ O	8.982,7	208,577,7
<i>Steam</i>	23.503.160	22.144.014
Total	23.564.328	23.564.328

4. Neraca Panas *Heater* (HE-03)

Tabel 3. 41 Neraca Panas *Heater* (HE-03)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	284.140,8	398.511,5
C ₇ H ₈	174.114.491,2	244.199.425,7
<i>Steam</i>	1.213.910.822	1.143.712.517
Total	1.388.310.454	1.388.310.454

5. Neraca Panas *Heater* (HE-04)

Tabel 3. 42 Neraca Panas *Heater* (HE-04)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	70,4	300,7
C ₇ H ₈	1.274,6	5.447,3
C ₇ H ₅ N	136.061,6	581.479,5
<i>Steam</i>	620.234	170.413
Total	757.640	757.640

6. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 43 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
N ₂	4.351.973	4.678.700

O ₂	1.198.396	419.766
CO ₂		330
NH ₃	1.104.662	289.299
C ₆ H ₆	3.934	4.177
H ₂ O	189.527	2.105.388
C ₇ H ₈	2.055.691	21.701
C ₇ H ₅ N		2.144.031
<i>Dowtherm</i>	16.267	17.544
Total	14.641.288	14.641.288

7. Neraca Panas *Waste Heater Boiler* (WHB-01)

Tabel 3. 44 Neraca Panas *Waste Heater Boiler* (WHB-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
N ₂	6.658.186,2	5.193.240
O ₂	614.695,9	479.449,4
CO ₂	507,3	395,7
NH ₃	456.908,4	356.378,6
C ₆ H ₆	7.676,9	5.987,6
H ₂ O	3.077.798,2	2.400.615,5
C ₇ H ₈	39.611,2	30.895,9
C ₇ H ₅ N	3.774.511,3	2.994.036,5
Air Demineral	892.9289	4.464.644,4
Total	15.875.643,6	15.875.643,6

8. Neraca Panas *Condensor Partial* (CDP-01)

Tabel 3. 45 Neraca Panas *Condensor Partial* (CDP-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
N ₂	2.824.372,7	355.439,251
O ₂	255.645,4	31.776,14

CO ₂	204,6	24,85
NH ₃	175.142,5	21.682,1
C ₆ H ₆	11.112,6	2.021,86
H ₂ O	13.050.512,12	356,868,2
C ₇ H ₈	49.733,4	2.016,9
C ₇ H ₅ N	6.696.471,9	221.982,4
Air Pendingin	34.594.673,5	57.657.789
Total	58.649.601	58.649.601

9. Neraca Panas Absorber (ABS-01)

Tabel 3. 46 Neraca Panas Absorber (ABS-01)

Komponen	Q_{in} (kJ/jam)	Q_{out} (kJ/jam)
N ₂	901.084	1.632.271
O ₂	79.014	79.175
CO ₂	39	12.580
NH ₃	67.623	1.540
H ₂ O	116	1.151.764
H ₂ O <i>Solvent</i>	5.757.319	3.927.831
Total	6.805.200	6.805.200

10. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 47 Distilasi Distilat (MD-01)

Komponen	Q_{in} (kJ/jam)	Q_{out} (kJ/jam)
C ₆ H ₆	300,7	453,3
C ₇ H ₈	5.447,3	8.211,7
C ₇ H ₅ N	581.479,5	578.563
Total	587.227	587.227

11. Neraca Panas *Condensor* (CD-01)

Tabel 3. 48 Neraca Panas *Condensor* (CD-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	3.620.189,6	3.622.259
C ₇ H ₈	35.646.907,5	35.684.522
C ₇ H ₅ N	53.401.345	53.461.055
Air Pendingin	496.970,9	397.577
Total	93.165.413,1	93.165.413,1

12. Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 49 Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	14,2	48,8
C ₇ H ₈	520,6	72.028,8
C ₇ H ₅ N	21.998,5	136.063,4
<i>Steam</i>	255.924	70.317
Total	278.457,8	278.457,8

13. Neraca Panas Reboiler (RB-02)

Tabel 3. 50 Neraca Panas Reboiler (RB-02)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
NH ₃	2.306,4	3.447,8
H ₂ O	19.182.320,4	20.406.125,7
<i>Steam</i>	1.689.012	464.066
Total	20.873.639	20.873.639

14. Neraca Panas *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 51 Neraca Panas *Cooler* (CL-01)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	9.896,1	1.576,6
H ₂ O	2.242.406,5	357.243,7
C ₇ H ₈	11.910,9	1.897,6
C ₇ H ₅ N	1.345.071,7	214.286,9
Air Pendingin	16.507.407	19.258.641
Total	20.122.547	20.122.547

15. Neraca Panas *Cooler* (CL-02)

Tabel 3. 52 Neraca Panas *Cooler* (CL-02)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	755,3	197,7
C ₇ H ₅ N	2.116.937,9	554.219,5
Air Pendingin	4.689.828	6.253.104
Total	6.807.521	6.807.521

16. Neraca Panas *Cooler* (CL-03)

Tabel 3. 53 Neraca Panas *Cooler* (CL-03)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
C ₆ H ₆	3.076	1.184,3
C ₇ H ₈	11.936,9	4.569
C ₇ H ₅ N	14.106	5.431,1
Air Pendingin	53.723	71.630
Total	82.841,5	82.841,5

17. Neraca Panas *Cooler* (CL-04)

Tabel 3. 54 Neraca Panas *Cooler* (CL-04)

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
----------	--------------	---------------

NH ₃	1.213,6	605
H ₂ O	18.927.363,6	9.436.256,4
Air Pendingin	28.475.147	37.966.863
Total	47.403.724	47.403.724

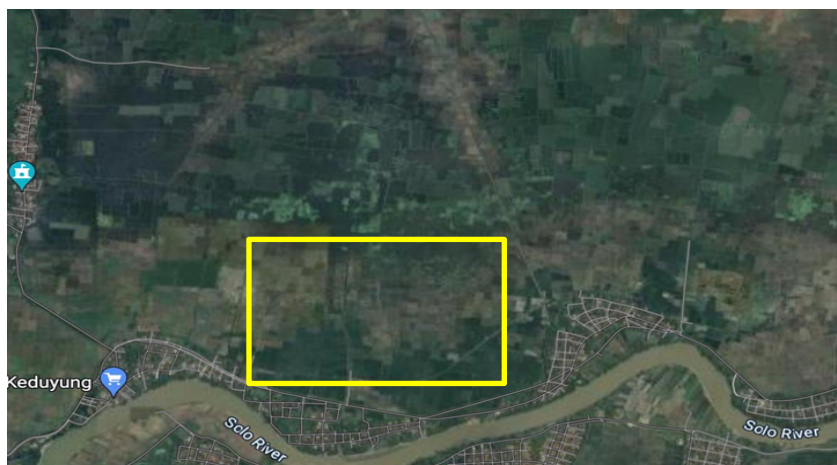
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Salah satu langkah awal yang harus ditentukan sebelum suatu pabrik mulai beroperasi adalah menentukan lokasi. Penentuan lokasi pabrik merupakan faktor yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini menjadi penting karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik yang akan menentukan efisiensi dan efektivitas keberhasilan suatu pabrik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan lain-lain.

Pabrik *phenylcyanide* dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Lokasi pendiri pabrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik *Phenyl Cyanide*

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer menjadi salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik, meliputi proses produksi dan distribusi, berikut beberapa faktor primer yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, pabrik phenylcyanide yang direncanakan akan didirikan di Kabupaten Tuban yang dekat dengan sumber bahan baku *toluene* yang diperoleh dari PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama di Tuban dan bahan baku *ammonia* dari PT. Petrokimia Gresik di Gresik, serta air yang diperoleh dari air sungai bengawan solo yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik yang berdekatan dengan kawasan industri menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik ini. Kabupaten Tuban merupakan lokasi yang prospektif dalam pemasaran produk karena berada dekat kawasan industri dan terletak antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur, sehingga akan lebih mudah apabila produk *phenyl cyanide* ini akan dibutuhkan untuk industri yang berlokasi di Pulau Jawa karena berada di tengah-tengah.

c. Utilitas

Utilitas merupakan sarana yang sangat penting keberadaannya dalam menunjang kelancaran proses produksi. Utilitas yang diperlukan adalah unit penyedia dan pengolahan air, unit pembangkit *steam*, unit *refrigerant*, unit penyedia *dowtherm*, unit pembangkit listrik, unit penyedia udara tekan, unit

penyedia bahan bakar, unit pengolahan limbah. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, namun untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik maka pabrik menggunakan generator pembangkit listrik sendiri yang bahan bakar generatornya yaitu solar diperoleh dari Pertamina.

d. Transportasi

Salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik adalah sarana transportasi yang memadai karena sangat diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi, Tuban relatif strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Surabaya, Semarang dan Surakarta. Selain itu Tuban juga dekat dengan dua pelabuhan yaitu Pelabuhan Tuban yang berada di Kab. Tuban dan Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya sehingga memudahkan pendistribusian bahan baku maupun produk.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi lingkungan sekitar. Akan tetapi, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi satu hal yang penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Pulau Jawa menjadi lokasi keberadaan kampus – kampus yang berkualitas, sehingga menciptakan lulusan – lulusan terbaik dari kampus – kampus tersebut dapat direkrut untuk menjadi karyawan. Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah serta tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam faktor sekunder secara tidak langsung berperan dalam proses operasional pabrik, namun berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor – faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah menetapkan daerah Tuban sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini dilakukan sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Kemudian, dari sikap masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik pembuatan karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu, diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

b. Lingkungan dan Masyarakat Sekitar

Pada masyarakat sekitar Tuban cukup terbuka dengan perkembangan Kab. Tuban sebagai kota industri. Hal ini dikarenakan pendirian sebuah industri akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat secara keseluruhan.

c. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik atau plant layout merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan,

tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisir biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik serta pabrik dapat berjalan maksimal. Berikut faktor-faktor yang perlu diperhatikan:

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik, dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Kepuasan dan Keselamatan kerja sehingga memberikan suasana kerja yang nyaman, aman, tertib, dan rapi sehingga kinerja menjadi baik.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.

- i. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

4.2.1 Perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

4.2.2 Produksi

Daerah produksi adalah tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (control room). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya berfungsi untuk keamanan.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi mess/tempat tinggal karyawan, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Keamanan adalah tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi

ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya yang dapat memicu kebakaran.

4.2.6 Pengolahan Limbah

Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan

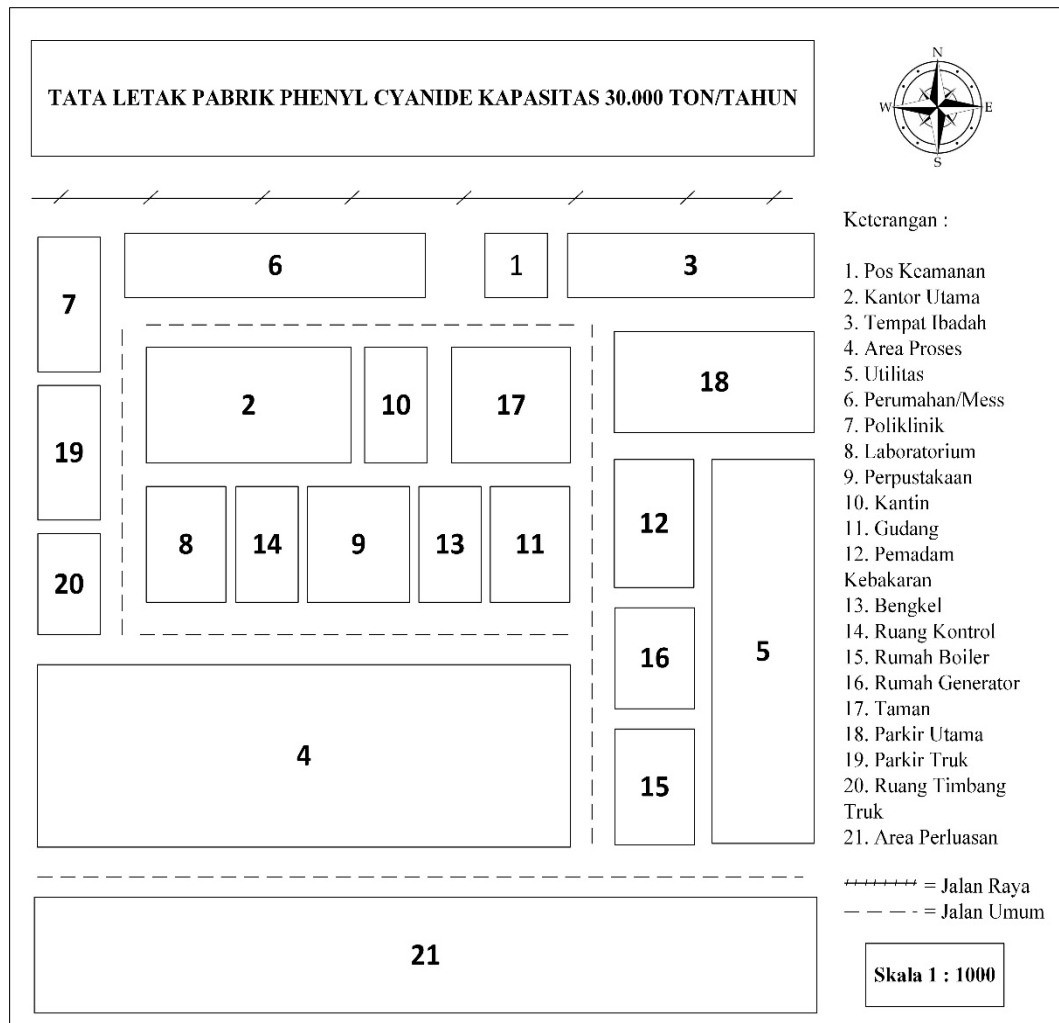
4.2.7 Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan

No	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	5	5	25
2	Kantor Utama	30	20	600
3	Tempat Ibadah	25	20	500
4	Area Proses	100	30	3.000
5	Utilitas	20	100	2.000
6	Perumahan/Mess	40	20	800
7	Klinik	12	5	60
8	Laboratorium	10	20	200
9	Perpustakaan	9	20	180

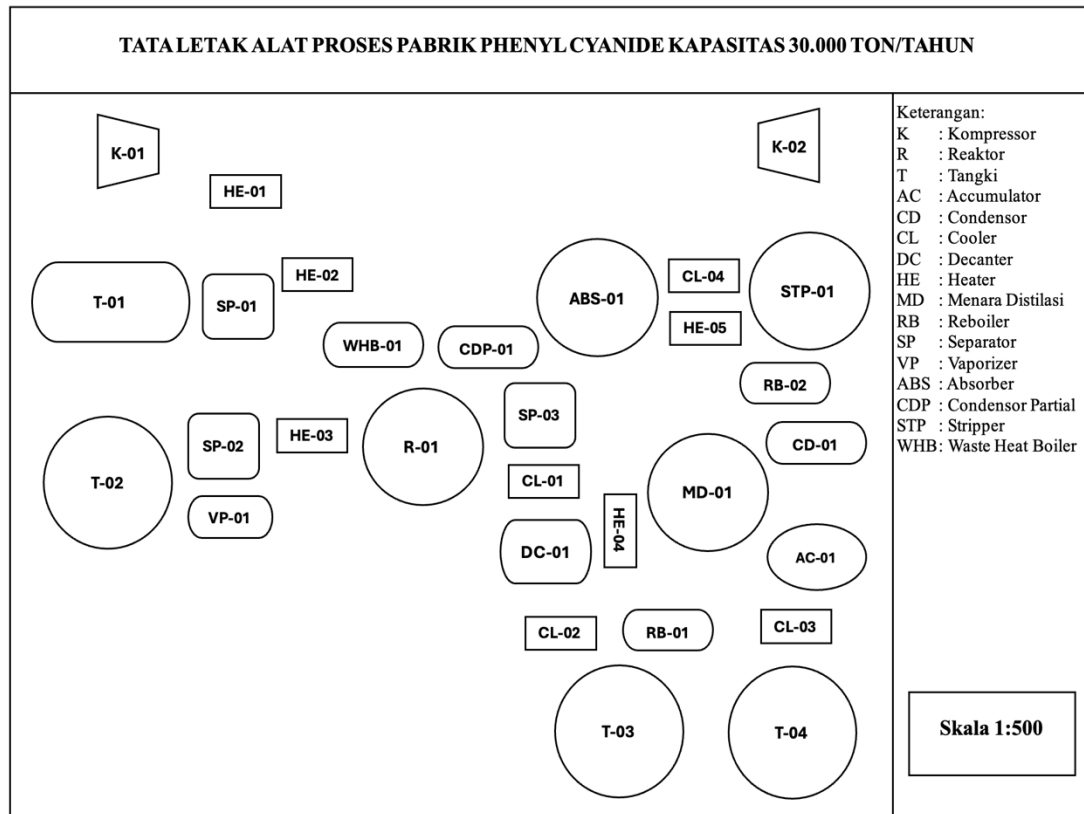
No	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
10	Kantin	7,5	20	150
11	Gudang	10	20	200
12	Pemadam	9	25	225
13	Bengkel	7,5	20	150
14	Ruang Kontrol	7,5	20	150
15	Rumah Boiler	10	20	200
16	Rumah generator	10	15	150
17	Taman	15	20	300
18	Parkir utama	30	15	250
19	Parkir Truk	10	30	300
20	Ruang Timbang Truk	10	20	100
21	Area Perluasan	120	17,5	2.100
22	Jalan	50	40	2.000
Total Luas Bangunan				13.940
Luas Tanah				14.000



Gambar 4. 2 Denah Tata Letak Pabrik *Phenyl Cyanide*

4.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat- alat proses pabrik. Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Denah Tata Letak Proses Pabrik *Phenyl Cyanide*

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan paratenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

4.3.3 Pencahayaan

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas dalam segi manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, maka dari itu apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak akan membahayakan

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik *Phenylcyanide* ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

a. Mudah mendapatkan modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

b. Wewenang dan Tanggungjawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

c. **Pemilik dan Pengurus Perusahaan**

Terpisah Satu Sama Lain Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

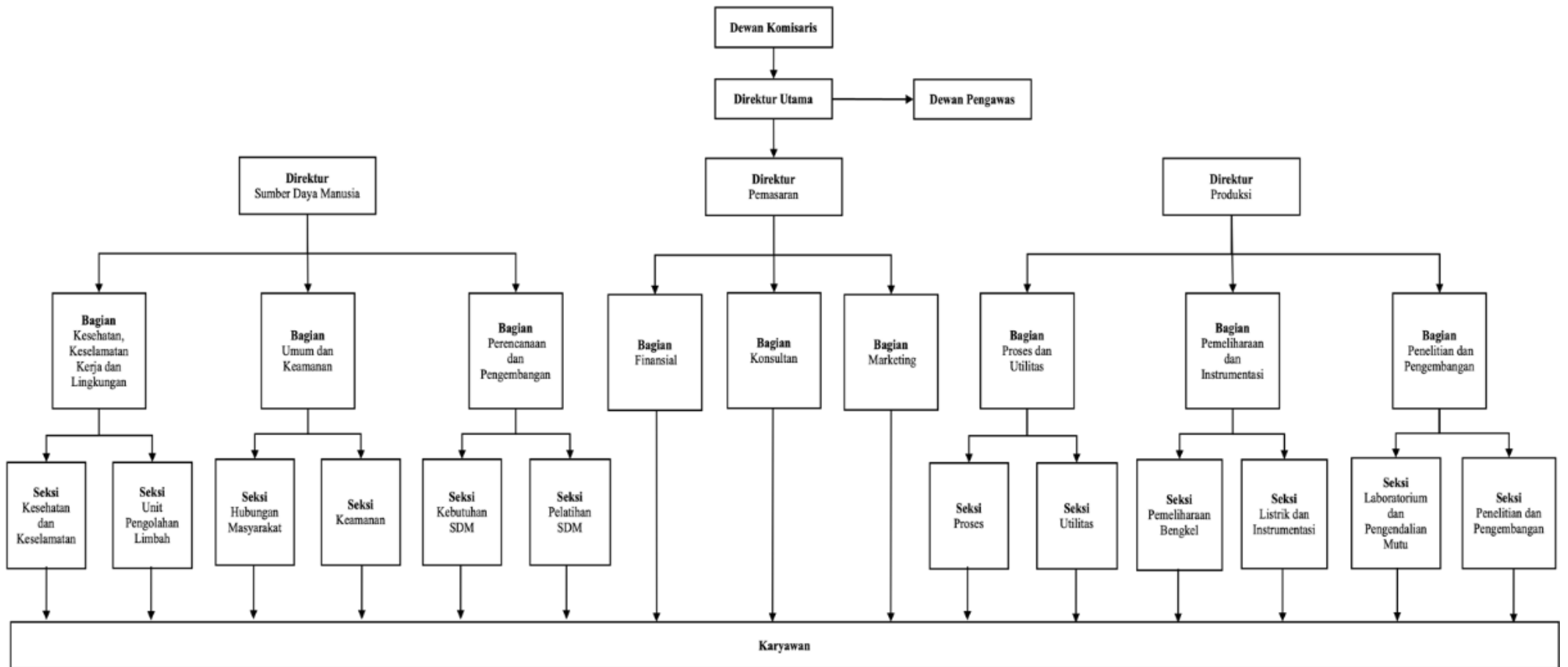
d. **Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin,**

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing. Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu:

1. Dewan Komisaris
2. Dewan Pengawas
3. Direktur Produksi
4. Direktur Pemasaran
5. Direktur Sumber Daya Manusia
6. Kepala Bagian
7. Kepala Seksi
8. Karyawan dan Operator



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut.

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- b. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam satu tahun.

2. Dewan komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting

3. Dewan Pengawas

Dewan pengawas bertugas untuk melakukan pengawasan dan memberikan nasihat kepada direksi dalam menjalankan kegiatan pengurusan pabrik phenyl cyanide.

4. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggungjawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, diantaranya:

- **Direktorat Produksi**

Direktorat Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

- **Direktorat Pemasaran**

Direktorat Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan

pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Finansial, Bagian Konsultan dan Bagian Marketing.

- **Direktorat Sumber Daya Manusia**

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Pengembangan dan Perencanaan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

5. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggungjawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

- **Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia**

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

- **Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan**

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.

- **Bagian Umum dan Keamanan**

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

- Bagian Keuangan

Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

- Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

- Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

- Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

- Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

6. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

- Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

- Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

- Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

- Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

- Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

- Seksi Pelatihan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab dalam meningkatkan kualitas kerja karyawan sehingga menghasilkan produk dan layanan dengan kualitas setinggi mungkin dengan target yang telah direncanakan.

- Seksi Kebutuhan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab untuk mengelola berbagai kebutuhan perusahaan yang berkaitan dengan Sumber Daya Manusia (SDM).

- Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

- Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri – industri lain.

- Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

- Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

7. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun sumber daya manusia dan umum. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang sebagai berikut:

- Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- Mempertinggi efisiensi kerja

4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan

1. Status Karyawan

Berdasarkan status dan system upah, karyawan dapat digolongkan menjadi 3, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi dengan surat kontrak kerja sama.

c. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik hanya bila diperlukan. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan atas hasil kerjanya yang telah disetujui.

2. Penggolongan Jabatan

Jabatan dari struktur organisasi perusahaan perlu dibebankan pada individu dengan tingkat pendidikan dan keahlian yang sesuai. Karyawan pada perusahaan ini terdiri berbagai jenjang pendidikan tertinggi dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Karyawan Perusahaan

Jabatan	Pendidikan
Komisaris Utama	S2
Dewan Pengawas	S2

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S2
Direktur	S1
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Dokter	S1
Operator	D3-S1
Karyawan	D3-S1
Perawat	SMA-S1
Satpam	SMP-SMA
Supir	SMP-SMA
<i>Cleaning Service</i>	SMP-SMA

3. Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan yang diperlukan dalam aktivitas perusahaan garus ditentukan secara tepat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara baik dan efisien. Jumlah karyawan yang diperlukan beserta gaji dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Jumlah dan Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
1	Dewan Komisaris	1	50.000.000
2	Dewan Pengawas	1	45.000.000
3	Direktur Utama	1	30.000.000
4	Direktur Produksi	1	25.000.000
5	Direktur Pemasaran	1	25.000.000
6	Direktur Sumber Daya Manusia	1	25.000.000
7	Ka Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	20.000.000
8	Ka Bag. Umum dan Keamanan	1	20.000.000
9	Ka Bag. Perencanaan dan Pengembangan	1	20.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
10	Ka Bag. Finansial	1	20.000.000
11	Ka Bag. Konsultan	1	20.000.000
12	Ka Bag. Marketing	1	20.000.000
13	Ka Bag. Proses dan Utilitas	1	20.000.000
14	Ka Bag. Pemeliharaan dan Instrumentasi	1	20.000.000
15	Ka Bag. Penelitian dan Pengembangan	1	20.000.000
16	Ka Sek. Kesehatan dan Keselamatan	1	15.000.000
17	Ka Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	15.000.000
18	Ka Sek. Hubungan Masyarakat	1	15.000.000
19	Ka Sek. Keamanan	1	15.000.000
20	Ka Sek. Kebutuhan Sumber Daya Manusia	1	15.000.000
21	Ka Bag. Pelatihan Sumber Daya Manusia	1	15.000.000
22	Ka Sek. Proses	1	15.000.000
23	Ka Sek. Utilitas	1	15.000.000
24	Ka Sek. Pemeliharaan Bengkel	1	15.000.000
25	Ka Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	15.000.000
26	Ka Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	15.000.000
27	Ka Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	15.000.000
22	Dokter	3	45.000.000
28	Operator	10	80.000.000
29	Karyawan	60	450.000.000
30	Perawat	6	24.000.000
31	Satpam	8	32.000.000
32	Supir	7	28000.000
33	<i>Cleaning Service</i>	10	40.000.000
Total		131	1.209.000.000

4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Phenyl Cyanide* akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan,

perawatan atau shut down. Berdasarkan jamkerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

1. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak terlibat langsung proses produksi maupun pengamanan pabrik. Karyawan yang tergolong bekerja secara *non-shift* adalah direktur beserta jajaran, kepala bagian, kepala seksi, serta karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* akan bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam, hari kerja : Senin-Jumat, 07.00–16.00 WIB

Jam istirahat : Senin-Kamis, 12.00–13.00 WIB

Jumat, 11.30–13.30 WIB

2. Karyawan shift

Karyawan shift adalah karyawan yang terlibat langsung dalam menangani proses produksi serta pengamanan. Sebagian dari bagian teknis, Gudang, dan bagian lain harus bekerja atau siaga demi kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pembagian jam kerja shift sebagai berikut:

Shift I : pukul 07.00–15.00 WIB

Shift II : pukul 15.00–23.00 WIB

Shift III : pukul 23.00–07.00 WIB

Pembagian jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam tiap *shift* dengan 3 kelompok *shift* dalam 1 hari. Pergantian jam kerja kelompok *shift* dilakukan setiap 3 hari kerja dengan maksimal hari bekerja yaitu 3 hari dan diikuti 1 hari libur. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapatkan giliran *shift*

dan 1 regu libur. Jadwal pembagian *shift* (siklus) karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Jadwal *Shift* Kerja Karyawan

Regu	Hari														
	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	

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
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 ke-

A,B,C, dan D : Regu kerja

I,II, dan III : *Shift* ke-

 : Libur

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan memiliki hak ketenagakerjaan yang harus diberikan oleh perusahaan. Hak-hak tersebut yaitu:

1. Tunjangan

- a. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- c. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari libur nasional

Hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja bagi karyawan *non-shift* dan dihitung sebagai hari kerja lembur bagi karyawan *shift*.

3. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- c. Cuti melahirkan bagi karyawan selama 3 bulan (1 bulan sebelum melahirkan dan 2 bulan setelah melahirkan).

4. Fasilitas karyawan

Fasilitas karyawan disediakan guna meningkatkan produktivitas karyawan.

a. Poliklinik

Poliklinik yang disediakan oleh perusahaan bertujuan untuk menangani dan menjaga kesehatan karyawan dan berpengaruh terhadap produktivitas pabrik.

b. Pakaian kerja

Perusahaan memberikan pakaian kerja untuk memberikan identitas perusahaan pada karyawan dari karyawan perusahaan lain maupun masyarakat umum.

c. Makan dan minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang.

d. Tempat ibadah

Tempat ibadah berupa masjid disediakan guna memfasilitasi kegiatan ibadah karyawan muslim.

e. Transportasi

Perusahaan menyediakan bus antar jemput di titik tertentu untuk mempermudah akomodasi karyawan.

5. Jaminan ketenagakerjaan

Perusahaan mendaftarkan karyawan sebagai peserta Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) dengan 4 jaminan, yaitu Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JKM), Jaminan Hari Tua (JHT) dan Jaminan Pensiun (JP).

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya. Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi:

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

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

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air berfungsi menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

a. Unit Penyedia Air

Dalam unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses

pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik *Phenyl Cyanide* ini berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- 1) Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala mengalami kekeringan maupun kekurangan air dapat terjaga.
- 2) Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya cukup besar karena memiliki kandungan mineral dan garam yang perlu dipisahkan.

Secara umum, kebutuhan air yang diperlukan sebagai utilitas pabrik *Phenyl Cyanide* digunakan untuk keperluan sebagai berikut:

- 1) Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

- a. Air jernih
- b. Tidak berbau
- c. Tidak berasa, tidak mengandung zat organik dan anorganik
- d. Tidak beracun

2) Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*.

3) Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- a. Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- b. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- c. Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- d. Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- a. Besi, karena dapat menyebabkan korosi
- b. Silika, karena dapat menyebabkan kerak
- c. Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi
- d. Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada film corrosion inhibitor, penurunan kualitas alat dan dapat menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan mikroba

4) Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Berikut

merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menangani air umpan *boiler* antara lain:

- a. Zat yang menyebabkan korosi, beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada boiler adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti CO₂, O₂, NH₃, H₂S dan SO₂
- b. Zat yang menyebabkan kerak
- c. Dapat menyebabkan kerak pada boiler adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika

5) Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a. Air jernih
- b. Tidak berbau
- c. Tidak berasa
- d. Tidak mengandung zat organik dan anorganik

b. Unit Pengolahan

Pengolahan air berfungsi untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik phenylcyanide ini adalah sebagai berikut:

1) Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*).

2) Penyaringan (*Screening*)

Screening merupakan bagian dari proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang berukuran lebih kecil akan terikut dengan aliran air kemudian dipisahkan pada tahap selanjutnya. Pada *screener* terdapat bagian pembilas yang bertujuan untuk membersihkan *screener* dari kotoran-kotoran yang tersangkut agar tidak menghalangi aliran air.

3) Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

4) Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃.

5) Bak Pengendap I dan II

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga *soda caustic* (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada outlet dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

6) Sand Filter

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu *media filter (spheres)* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. Output dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 – 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storage tank*.

7) Tangki Penampung Air Bersih (Filtered Water Storage Tank)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boilerfeed water*), dan air proses.

8) Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

9) *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan

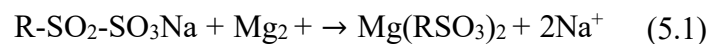
bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

10) *Demineralisasi*

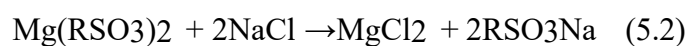
Air yang digunakan sebagai air umpan boiler untuk memproduksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perlu dilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut:

a) *Kation Exchanger*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{+}), natrium (Na^{+}), potassium (K^{+}), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}) diganti dengan ion H^{+} atau Na^{+} dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:



Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



b) *Anion Exchanger*

Anion exchanger merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang terkandung dalam air seperti bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^-), dan silika (SiO_2^-), diganti dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula RCl . Anion-anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada boiler yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam anion exchanger adalah sebagai berikut:



c) *Deaerator*

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi pada kation *exchanger* dan anion *exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *deaerator*. *Denim water* dipompakan menuju *deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_4) yang berfungsi untuk mengikat oksigen sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



c. Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik *Phenyl Cyanide* adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Air Domestik (*Domestic Water*)

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

a) Kebutuhan Air Kantor

Jumlah Karyawan = 150 orang
 Kebutuhan air setiap orang = 150 liter/hari
 Total kebutuhan air kantor = 937,5 kg/jam

b) Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah = 6 rumah
 Jumlah orang tiap rumah = 6 orang
 Kebutuhan air setiap 1 orang = 300 liter/hari
 Total kebutuhan air perumahan = 450 kg/jam

c) Kebutuhan Air Layanan Umum (Service Water)

Untuk kebutuhan service water diasumsikan sekitar 1.312,5 kg/jam.

Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsi umum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

d) Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

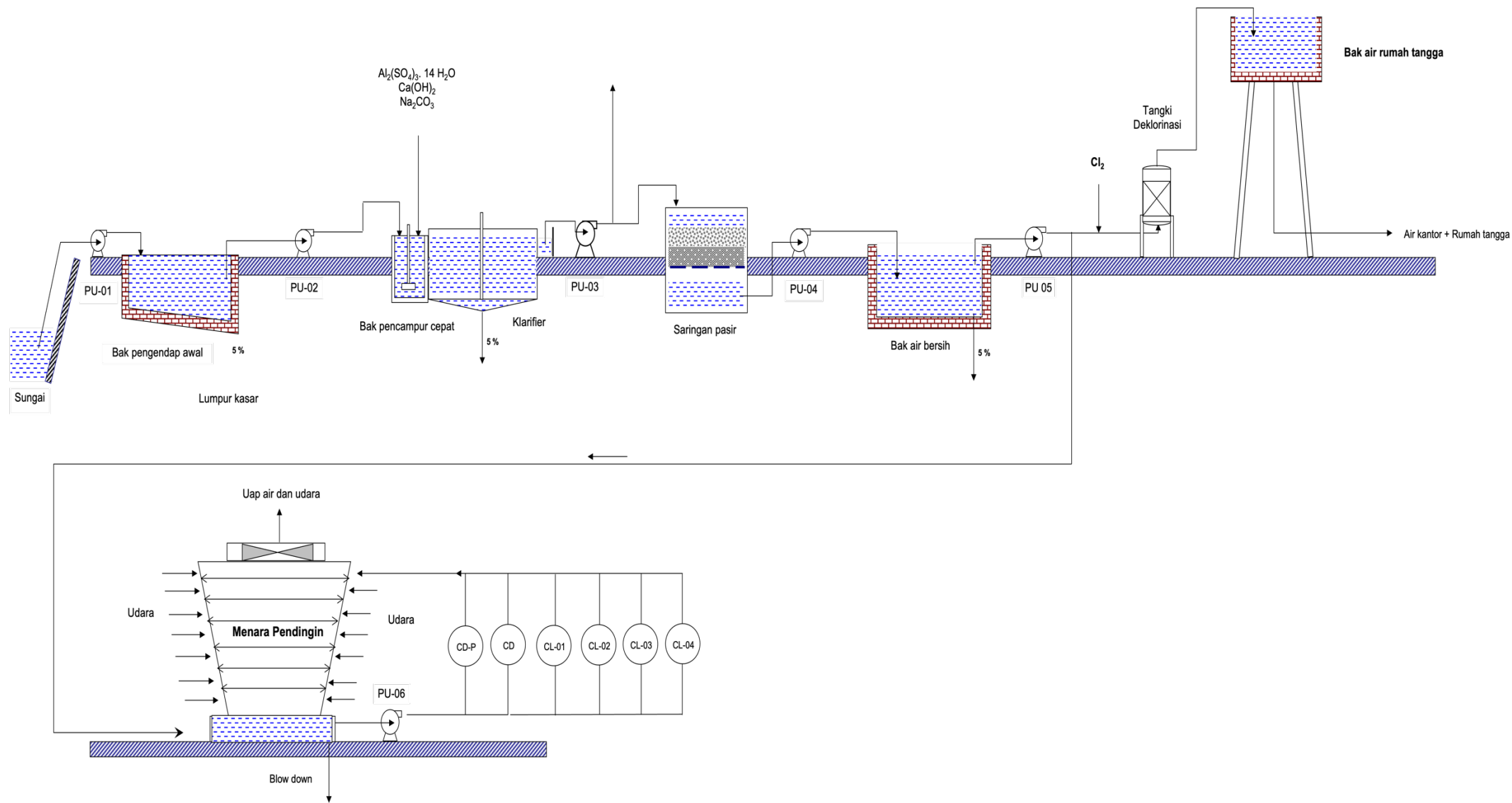
No	Keterangan	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
1	<i>Condensor Patrial</i>	CDP-01	587.164
2	<i>Condensor</i>	CD-01	2.399
3	<i>Cooler</i>	CL-01	116.381
4	<i>Cooler</i>	CL-02	37.391
5	<i>Cooler</i>	CL-03	448
6	<i>Cooler</i>	CL-04	238.371
Total			982.154

Kebutuhan air *make up* untuk pendingin dengan prediksi 12.5% dari massa air pendingin yang diperlukan sebesar 122.769 kg/jam.

e) Kebutuhan Air Umpan *Boiler (Boiler Feed Water)*

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Umpan *Boiler (Boiler Feed Water)*

No	Keterangan	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
1	<i>Heater</i>	HE-01	2.948
2	<i>Heater</i>	HE-02	6.164
3	<i>Heater</i>	HE-03	318.345
4	<i>Heater</i>	HE-04	192
5	<i>Heater</i>	HE-05	2.515
6	<i>Reboiler</i>	RB-01	92
7	<i>Reboiler</i>	RB-02	608
8	<i>Vaporizer</i>	VP-01	21.842
9	<i>Waste Heat Boiler</i>	WHB-01	7.079
Total			32.360



Gambar 5. 1 Tata Letak Unit Pengolahan Air Pabrik *Phenyl Cyanide*

5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

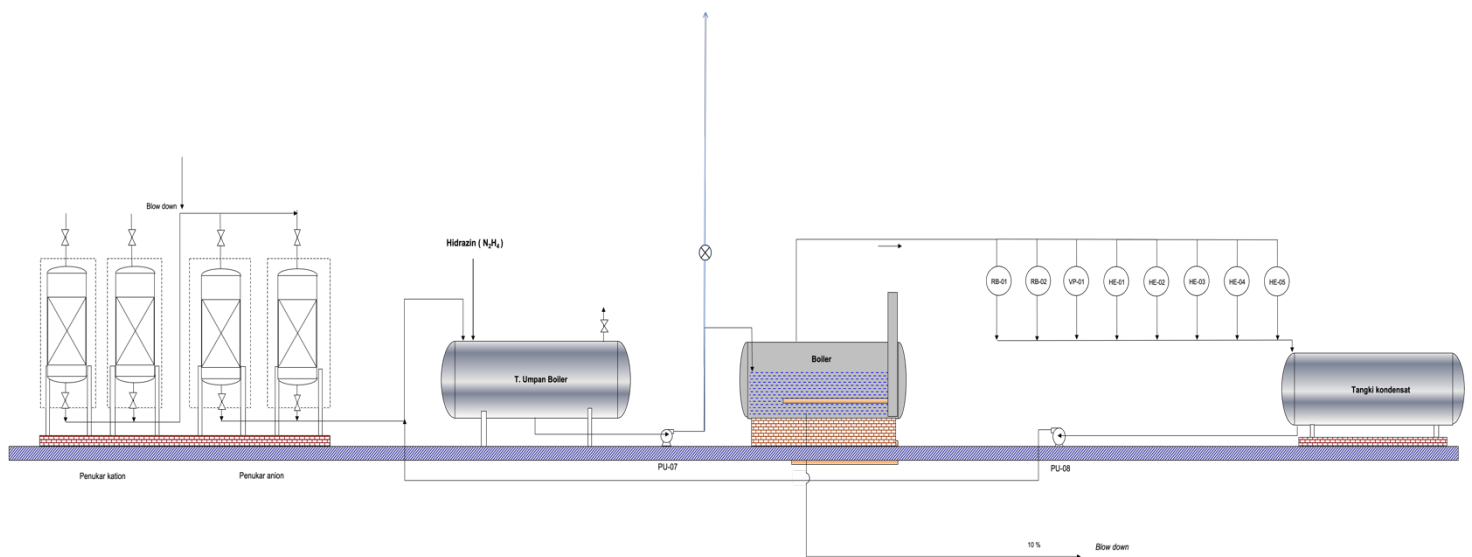
Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam* yang digunakan adalah *steam* jenuh suhu 190°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik *Phenyl Cyanide* adalah *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas = 7.054.115 kg/jam

Jumlah = 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding- dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.



Gambar 5. 2 Diagram Steam

5.3 Unit Penyedia *Dowtherm*

Unit penyedia *dowtherm* ini bertugas sebagai penyedia *dowtherm* yang digunakan sebagai media pendingin. Pemilihan digunakannya *dowtherm A* ini sebagai media pendingin dengan pertimbangan bahwa *dowtherm* ini mampu menyerap suhu yang sangat tinggi sehingga lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan air biasa, *dowtherm A* ini terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter yang dapat digunakan dalam fase cair dan uap dengan kisaran pada rentang suhu 15-400 °C dan tekanan 1-10 atm.

Dowtherm A sebagai media pendingin digunakan di dalam reaktor sebanyak 10.000 kg/jam.

5.4 Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik *Phenyl*

Cyanide ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 11.000 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Tenaga Listrik yang dihasilkan cukup besar
- b. Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik *Phenyl Cyanide* ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik

No	Nama Alat	Kode	Hp	kW
1	Pompa Proses	P-01	1	0,746
2	Pompa Proses	P-02	5	3,729
3	Pompa Proses	P-03	3	2,237
4	Pompa Proses	P-04	0,5	0,373
5	Pompa Proses	P-05	7,5	5,593
6	Pompa Proses	P-06	2	1,491
7	Pompa Proses	P-07	1,5	1,119
8	Pompa Proses	P-08	1	0,746
9	Pompa Proses	P-09	1	0,746
10	Pompa Proses	P-10	2	1,49
11	Pompa Proses	P-11	1	0,746
12	Pompa Utilitas	PU-01	15	11,186
13	Pompa Utilitas	PU-02	30	22,371
14	Pompa Utilitas	PU-03	5	3,729
15	Pompa Utilitas	PU-04	2	1,119
16	Pompa Utilitas	PU-05	25	18,643
17	Pompa Utilitas	PU-06	75	55,928

No	Nama Alat	Kode	Hp	kW
18	Pompa Utilitas	PU-07	60	44,743
19	Pompa Utilitas	PU-08	1	0,746
20	Kompresor Utilitas	KU-01	0,5	0,373
21	Kompresor Proses	K-01	1.500	111,8,5
22	Kompresor Proses	K-02	150	111,8
23	Fan MP	MP	150	111,8
24	Pengaduk B-P	B-P	0,5	0,373
25	Rake Klarifier	KL	5	3,729
Total			2.109	1.524

Kebutuhan listrik untuk penerangan, kantor, bengkel dirancang sebesar 7000 kW, maka daya total yang dibutuhkan sebesar 8.524 kW.

5.5 Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 43,94 m³/jam dengan tekanan 4 atm.

5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan untuk *boiler* adalah solar sebesar 28.725 liter/jam dan bahan bakar untuk generator adalah solar sebesar 14.897 liter/tahun.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik *Phenyl Cyanide* ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari Pabrik phenylcyanide ini terdiri limbah cair dan padatan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut :

1. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

- a. COD : maks. 100 mg/l
- b. BOD : maks. 20 mg/l
- c. TSS : maks. 80 mg/l
- d. Oil : maks. 5 mg/l
- e. pH : 6,5 - 8,5

2. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

3. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

4. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

5. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut sludge. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
- Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
- Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
- Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

5.8.1 Unit Pengolahan Air

1. Bak Pengendap Awal (B-PA)

Tabel 5. 4 Spesifikasi *Bak Pengendap Awal (B-PA)*

Spesifikasi Umum

Nama Alat	Bak Pengendap Awal
Kode	(BP-A)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa oleh air sungai
Bentuk	Persegi Panjang
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Beton Bertulang
Waktu Tinggal	24 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume Air	5.448 m ³
Volume Bak	6.586 m ³
Panjang	70,2 m
Lebar	23,4 m

2. Bak Pencampur (B-P)

Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak Pencampur (B-P)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Bak Pencampur
Kode	(B-P)
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan
Bentuk	Silinder tegak
<i>Over design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	1 menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm

Dimensi	
Volume Air	3,63 m ³
Volume Bak	4,35 m ³
Diameter	1,77 m
Tinggi	1 m
Pengaduk	
Jenis pengaduk	<i>Turbine</i>
<i>Power motor</i>	0,5 Hp

3. Klarifier (KL)

Tabel 5. 6 Spesifikasi Klarifier (KL)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Klarifier
Kode	(KL)
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Bentuk	Silinder Tegak dengan bentuk kerucut
<i>Over design</i>	20%
Bahan	Beton Bertulang
Waktu Tinggal	5 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume Air	1.089 m ³
Volume Bak	1.306 m ³
Diameter	28,3 m
Tinggi	14,2 m
Penggaruk	
Jenis Penggaruk	Rake

Kecepatan putar	0,03 rotasi/menit
<i>Power motor</i>	5 Hp

4. Saringan Pasir (SP)

Tabel 5. 7 Spesifikasi Saringan Pasir (SP)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Saringan Pasir
Kode	(SP)
Fungsi	Menyaring kotoran yang masih terbawa oleh air dari klarifier
Bentuk	Persegi
Bahan	Beton bertulang
Waktu Tenggat	12 menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Luas aliran	33,6 m ²
Volume	41,2 m ³
Panjang	5,79 m
Lebar	5,79 m
Tinggi	1,22 m

5. Bak Air Bersih (B-AB)

Tabel 5. 8 Spesifikasi Bak Air Bersih (B-AB)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Bak Air Bersih
Kode	(B-AB)
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan
Bentuk	Persegi Panjang

<i>Over design</i>	20%
Bahan	Beton bertulang
Waktu Tenggat	8 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume Air	1.655 m ³
Volume Bak	1.986 m ³
Panjang	38,6 m
Lebar	12,9 m

6. Bak Air Rumah Tangga (B-ART)

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Air Rumah Tangga (B-ART)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Bak Air Rumah Tangga
Kode	(B-ART)
Fungsi	Menampung air untuk kantor dan perumahan
Bentuk	Persegi Panjang
<i>Over design</i>	20%
Bahan	Beton bertulang
Waktu Tenggat	24 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume Air	31,6 m ³
Volume Bak	37,9 m ³
Panjang	5,3 m
Lebar	1,78 m

7. Menara Pendingin

Tabel 5. 10 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Menara Pendingin
Kode	(MP)
Fungsi	Mendinginkan air dari suhu 50°C sampai 30°C
Jenis	Menara Pendingin Jujut Tarik
Bentuk	Persegi Panjang
Bahan	Beton bertulang
Daya <i>Fan</i>	150 Hp
Kondisi Operasi	
Suhu Masuk	40 °C
Suhu Keluar	30 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Flux Volume	4,28 m ³ /m ² jam
Luas	272 m ³
Tinggi	30 ft
Panjang	16,5 m
Lebar	16,5 m

8. Tangki Penukar Kation (T-PK)

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Penukar Kation
Kode	(T-PK)
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air

Bentuk	Tangki Silinder tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	7 hari
Dimensi	
Volume	7,11 m ³
Diameter	2,081 m
Tinggi	2,5 m

9. Tangki Penukar Anion (T-PA)

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Penukar Anion (T-PA)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Penukar Anion
Kode	(T-PA)
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Bentuk	Tangki Silinder tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	7 hari
Dimensi	
Volume	2,27 m ³
Diameter	1,42 m
Tinggi	1,71 m

10. Tangki NaCl (T-NaCl)

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki NaCl

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki NaCl
Kode	(T-NaCl)
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Bentuk	Silinder Tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	15 menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume	5,500 m ³
Diameter	1,8 m
Tinggi	1,8 m

11. Tangki NaOH (T-NaOH)

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki NaOH (T-NaOH)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki NaOH
Kode	(T-NaOH)
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation
Bentuk	Silinder Tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	15 menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm

Dimensi	
Volume	1,76 m ³
Diameter	1,23 m
Tinggi	1,23 m

5.8.2 Unit Penyedia Steam

1. Tangki Umpan Boiler (T-UB)

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (T-UB)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Umpan Boiler dilengkapi dengan daerator
Kode	(T-UB)
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler
Bentuk	Silinder Tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu tinggal	8 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume	4.251,9 m ³
Diameter	10 m
Panjang	30 m

2. Tangki Kondensat (T-K)

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Kondensat (T-K)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Kondensat
Kode	(T-K)

Fungsi	Menampung air kondensat
Bentuk	Silinder Tegak
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu tinggal	8 jam
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Volume	434 m ³
Diameter	5 m
Panjang	15 m

3. *Boiler*

Tabel 5.17 Spesifikasi *Boiler*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Boiler
Kode	(B-S)
Fungsi	Menguapkan air menjadi steam
Jenis	Boiler lorong api
Luas Panas	13.958 m ²
BBM yang diperlukan	28.724,5 liter/jam
Beban panas	438.289.076 kJ/jam
ID	0,0627 m
OD	0,0730 m
Panjang Pipa	0,3048 m

5.8.3 Unit Penyedia Dowtherm

1. Tangki *Dowtherm-A*

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki *Dowtherm-A* (T-D)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki <i>Dowtherm-A</i>
Kode	(T-D)
Fungsi	Menyimpan <i>dowtherm A</i>
Bentuk	Silinder Horizontal
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tenggat	8 jam
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi	
Volume	140,71 m ³
Diameter	4 m
Panjang	12

2. Cooler *Dowtherm-A*

Tabel 5.19 Spesifikasi Cooler *Dowtherm-A* (CL-D)

Cooler <i>Dowtherm</i> (CL-D)	
Kode	CL-D
Fungsi	Mendinginkan <i>dowtherm A</i> dari R-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Carboon Steel</i>
Kondisi Operasi	
Beban Panas	1.699.514 kJ/jam
Luas Transfer Panas	226 ft ²
Tekanan	1 atm

<i>Shell</i>	
Aliran Fluida	Fluida Panas
Suhu Masuk	145 °C
Suhu Keluar	50 °C
ID	8 in
Jarak <i>Baffle</i>	0,2 m
<i>Pressure Drop</i>	96,8 Pa
<i>Tube</i>	
Aliran Fluida	Fluida Dingin
Suhu Masuk	30 °C
Suhu Keluar	40 °C
ID	0,58 in
OD	0,75 in
Nt	48
<i>Passes</i>	2
<i>Pitch</i>	15/16 in <i>triangular</i>
L	16 ft
BWG	14
<i>Pressure Drop</i>	3.228 Pa
Rd	
Rd	2,12 kJ/m ² . s. K
Rdmin	0,529 kJ/m ² . s. K

5.8.4 Unit Penyedia Udara Tekan

1. Kompresor Udara

Tabel 5.20 Spesifikasi Kompresor Udara (K-U)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Kompresor Udara
Kode	(K-U)
Fungsi	Menekan udara

Jenis	Kompresor Sentrifugal
P1	1 atm
P2	4 atm
Daya Motor	0,5 HP
Suhu	30 °C

2. Tangki Silika

Tabel 5.21 Spesifikasi Tangki Silika (T-S)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Silika
Kode	(T-S)
Fungsi	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara
Bentuk	Silinder Horizontal
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tinggal	7 hari
Kondisi Operasi	
Suhu	177 °C
Tekanan	4 atm
Dimensi	
Volume	0,3834 m ³
Diameter	0,787 m
Tinggi	0,787 m

3. Tangki Udara Tekan

Tabel 5.22 Spesifikasi Tangki Udara Tekan (T-UT)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Udara Tekan
Kode	(T-UT)

Fungsi	Menampung udara tekan selama 120 menit
Bentuk	Tangki Silinder Horizontal
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tenggat	120 menit
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	4 atm
Dimensi	
Volume	1,109 m ³
Diameter	1 m
Panjang	3 m

5.8.5 Unit Bahan Bakar

1. Tangki Bahan Bakar

Tabel 5.23 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (T-BB)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Bahan Bakar
Kode	(T-BB)
Fungsi	Menyimpan Solar
Bentuk	Silinder Horizontal
<i>Over Design</i>	20%
Bahan	Baja Karbon
Waktu Tenggat	3 hari
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi	
Volume	3.768,9 m ³

Diameter	42,6 m
Panjang	12 m

5.8.6 Pompa Utilitas

Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Memompa air sungai ke Bak Pengendap Awal (B-PA)	Memompa air dari Bak Pengendap Awal (B-PA) ke Klarifier (KL)	Memompa air dari Klarifier (KL) ke Saringan Pasir (SP)	Memompa air dari Saringan Pasir (SP) ke Bak Air Bersih (B-AB)	Memompa air dari Bak Air Bersih (B-AB) ke Rumah Tangga (B-ART) dan Menara Pendingin (MP)
Jenis	Centrifugal Pump				
Bahan	Comercial steel				
Kondisi Operasi					
Suhu (°C)	30	30	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1
Spesifikasi Pompa					
Viskositas (kg/m s)	0,00070	0,00070	0,00070	0,00070	0,00070
Kapasitas (m³/jam)	270,6	257,7	244,2	243,7	233,3
Head (m)	11,7	21	4,7	0,1	23,7
Daya Motor (HP)	15	30	5	1,5	25

Tabel 5. 25 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-06	PU-07	PU-08	PD-01
Fungsi	Memompa air pendingin dari Menara Pendingin ke alat proses	Memompa air dari Tangki Umpan <i>Boiler</i> (T-UB) ke <i>Boiler</i> (B-S)	Memompa air dari Tangki Kondensat (T-K) ke Tangki Umpan <i>Boiler</i> (T-UB)	Memompa <i>dowtherm</i> A dari Tangki (T-D) ke Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Kondisi Operasi				
Suhu (°C)	30	30	30	50
Tekanan (atm)	1	1	1	1
Spesifikasi Pompa				
Viskositas (kg/m s)	0,00070	0,00070	0,00070	0,00016
Kapasitas (m³/jam)	1.463	80,2	32,1	14,6
Head (m)	15,8	122,6	5	86,7
Daya Motor (HP)	75	60	1	5

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada pra rancangan pabrik *phenylcyanide* ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen yang penting di perancangan adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi digunakan untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu, analisa ekonomi yang ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal Industri (*Total Capital Investment*) Modal industri meliputi:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

Biaya produksi total adalah biaya pembuatan atau *Manufacturing Cost*, Adapun Biaya pembuatan ini meliputi:

- a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
- b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
- c. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

3. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses setiap alat semua tergantung kepada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat pada tahun tertentu dan harus mengetahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik *Phenyl Cyanide* beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun didirikan pada tahun 2028. Di dalam analisa ekonomi harga alat ataupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka diperlukan data indeks tahun analisa. Harga indeks tahun 2028 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 2013 sampai 2028, dicari dengan persamaan regresi linear.

Tabel 6. 1 Harga Indeks Tahunan

No	Tahun	Indeks (Yi)
1	2013	567,3
2	2015	576,1
3	2016	556,8
4	2017	567,5
5	2018	603,1
6	2019	607,5

No	Tahun	Indeks (Yi)
7	2020	596,2
8	2021	605,1
9	2022	611,33
10	2023	617,57

Sumber : ChemEng

Berdasarkan data di atas, diperoleh persamaan regresi linear untuk memperkirakan pendirian pabrik *Phenyl Cyanide* dengan kapasitas 30.000 ton/tahun pada tahun 2028 dengan index sebesar 648,76.

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

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2028

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : *Index* harga pada tahun 2028

Ny : *Index* harga pada tahun referensi 1987

Tabel 6.2 Daftar Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode	Harga Satuan (\$)	Jumlah	Harga Total (\$)
1	Kompresor	K-01	2,252,248	1	2,252,248
2	Kompresor	K-02	497,060	1	497,060
3	Tangki	T-01	174,163	1	174,163
4	Tangki	T-02	248,873	1	248,873
5	Tangki	T-03	675,674	1	675,674

No	Nama Alat	Kode	Harga Satuan (\$)	Jumlah	Harga Total (\$)
6	Tangki	T-04	67,567	1	67,567
7	<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	123,874	1	123,874
8	<i>Heat Exchanger</i>	HE-02	675,674	1	675,674
9	<i>Heat Exchanger</i>	HE-03	78,829	1	78,829
10	<i>Heat Exchanger</i>	HE-04	56,306	1	56,306
11	<i>Heat Exchanger</i>	HE-05	54,617	1	54,617
12	Separator	SP-01	42,793	1	42,793
13	Separator	SP-02	21,396	1	21,396
14	Separator	SP-03	31,108	1	31,108
15	<i>Vaporizer</i>	V-01	19,144	1	19,144
16	Reaktor	R-01	18,018	1	18,018
17	<i>Waste Heat Boiler</i>	WHB	67,567	1	67,567
18	<i>Condesor Patial</i>	CDP-01	24,775	1	24,775
19	<i>Condesor Total</i>	CD-01	11,261	1	11,261
20	<i>Decanter</i>	DC-01	12,387	1	12,387
21	Menara Distilasi	MD-01	70,946	1	70,946
22	Absorber	ABS-01	61,937	1	61,937
23	<i>Stripper</i>	STP-01	56,306	1	56,306
24	<i>Reboiler</i>	RB-01	21,396	1	21,396
25	<i>Reboiler</i>	RB-02	22,522	1	22,522
26	<i>Accumulator</i>	AC-1	22,522	1	22,522
27	<i>Cooler</i>	CL-01	28,153	1	28,153
28	<i>Cooler</i>	CL-02	24,775	1	24,775
29	<i>Cooler</i>	CL-03	25,901	1	25,901
30	<i>Cooler</i>	CL-04	95,721	1	95,721
31	Pompa	P-01	5,743	1	5,743
32	Pompa	P-02	5,743	1	5,743
33	Pompa	P-03	2,053	1	2,053
34	Pompa	P-04	1,681	1	1,681
35	Pompa	P-05	5,068	1	5,068

No	Nama Alat	Kode	Harga Satuan (\$)	Jumlah	Harga Total (\$)
36	Pompa	P-06	1,703	1	1,703
37	Pompa	P-07	3,011	1	3,011
38	Pompa	P-08	3,011	1	3,011
39	Pompa	P-09	2,205	1	2,205
40	Pompa	P-10	2,216	1	2,211
41	Pompa	P-11	1,106	1	1,106

Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas

No	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga	
				(\$)	Rp
1	Bak Pengendap	B-PA	1		3.892.503.000
2	Bak Pencampur	B-PA	1		10.448.000
3	Klarifier	KL	1		1.665.361.000
4	Saringan Pasir	SP	1		83.702.000
5	Bak Air Bersih	B-AB	1		586.441.739
6	Bak Air Rumah Tangga	B-ART	1		26.853.520
7	Menara Pendingin	MP	1		1.652.383.000
8	Pompa	PU-01	1	8,108	
9	Pompa	PU-02	1	7,883	
10	Pompa	PU-03	1	7,770	
11	Pompa	PU-04	1	7,545	
12	Pompa	PU-05	1	7,432	
13	Pompa	PU-06	1	28,153	
14	Pompa	PU-07	1	5,068	
15	Pompa	PU-08	1	3,378	
16	Pompa	PD-01	1	7,883	
17	Kompresor Udara	K-U	1	124	
18	Tangki Silika	T-S	1	52,000	
19	Tangki Udara	T-U	1	84,459	
20	Generator	G	1	600,000	

No	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga	
				(\$)	Rp
21	<i>Boiler</i>	B-S	1	1,245,000	
22	Tangki Penukar Kation	T-PK	2	7,810	
23	Tangki Penukar Anion	T-PA	2	7,320	
24	Tangki Umpan Boiler	T-UB	1	54,702	
25	Tangki Kondensat	T-K	1	78,145	
26	Tangki Bahan Bakar	T-BB	1	659,056	
27	Tangki <i>Dowtherm</i>	T-D	1	67,567	
28	<i>Cooler Dowtherm</i>	CL-D	1	78,829	

6.2 Analisa Perhitungan Biaya

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

1. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	: 30.000 Ton/Tahun
Satu Tahun Operasi	: 330 Hari
Tahun Pendirian Pabrik	: 2028
Kurs Mata Uang	: 1 US \$ = Rp. 16.228
Upah Pekerja Asing	: US\$ 50/ <i>man hour</i>
Upah Pekerja Indonesia	: Rp 50.000/ <i>man hour</i>
Tenaga Asing	: 95% Tenaga Lokal

2. Perhitungan Biaya

a. *Capital Investment*

Capital Investment adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari :

- *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas- fasilitas pabrik.

- *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost adalah jumlah *Direct Ccost*, *Indirect Cost*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, 1955, *Manufacturing Cost* meliputi:

- *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

- *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

- *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

- *General Expense*

General expense adalah pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

6.3 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dipergunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan-perhitungan yang dapat digunakan dalam menganalisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah kecepatan pengembalian banyaknya modal investasi, dinyatakan dalam persentase (%) terhadap modal yang tetap.

$$ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

Batasan minimum nilai ROI sebelum pajak untuk Industri Kimia yaitu, untuk low risk yaitu 11% dan high risk yaitu 44%. Pabrik *Phenyl Cyanide* termasuk pabrik yang *high risk*, sehingga batas minimum ROI sebesar 44%.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan

penyusutan. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

Batasan maksimum *Pay Out Time* (POT) setelah pajak untuk skala industri kimia *Low risk* yaitu 5 tahun dan *High risk* yaitu 2 tahun.

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Event Point (BEP) adalah suatu titik impas (hal tersebut pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian). Total Kapasitas pabrik pada saat sales value = total cost. Suatu pabrik akan mengalami jika beroperasi di bawah standar Break Event Point (BEP) dan mendapatkan keuntungan jika beroperasi diatas Break Event Point (BEP). Harga Break Event Point (BEP) pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas.

$$\text{Break Event Point} = \frac{Fa + (0,3 \times Ra)}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\%$$

Keterangan :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) merupakan suatu titik atau penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan, penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

Shut Down Point (SDP) dapat diartikan sebagai level produksi dimana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$\text{Shut Down Point} = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) Merupakan suatu analisa kelayakan ekonomi dengan cara *Discounted Cash Flow* yang menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik tersebut berakhir (*present value*). Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir selama umur pabrik. Dihitung dengan persamaan:

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

Keterangan :

$$R = S$$

$$FC = \text{Fixed Capital}$$

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

CF = *Annual Cash Flow (After Profit + taxes + depreciaton+finance)*

I = *Discounted cash flow rate*

n = *Umur Pabrik (10 tahun)*

6.4 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik *Phenyl Cyanide* ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan.

Hasil perhitungan ditunjukkan pada dibawah ini:

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost*

Jenis	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Delivered Equipment Cost</i>	6,542,702	1.822.746.000
<i>Installation Cost</i>	635,738	3.558.357.000
<i>Pipping Cost</i>	20,780	48.771.622.000
<i>Instrumentation Cost</i>	675,611	333.531.000
<i>Insulation Cost</i>	171,289	555.984.000
<i>Electrical Cost</i>		136.706.000
<i>Building Cost</i>		21.131.250.000
<i>Land and Yard</i>		70.000.000.000
<i>Utility</i>	3,039,278	14.118.005.403
Total	11,085,398	160.428.201.043

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost*

Jenis	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Physical Plant Cost</i>	11,085,398	160.428.201.043
<i>Engineering Construction</i>	2,217,080	32.085.640.00
Total	13,302,478	192.513.841.043

Tabel 6. 6 *Fixed Capital Investment*

Jenis	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Plant Cost</i>	13,302,478	192.513.841.043
<i>Contractor's Fee</i>	1,330,248	19.251.384.000
<i>Contingency</i>	1,995,372	28.887.076.000
Total	16,628,098	240.642.301.043
Total (Rp)	510.483.067.043	

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment*

Jenis	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>		31.321.819.000
<i>In Process Inventory</i>	4,799	11.833.122.000
<i>Product Inventory</i>	263,971	650.821.154.000
<i>Extended Credit</i>	527,942	1.301.642.308.000
<i>Available Cash</i>	263,971	650.821.154.000
Total	1,060,683	2.646.439.547.000
Total (Rp)	2.663.652.311.000	

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost*

Jenis Biaya	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>		375.861.826.000
<i>Labor Cost</i>		8.400.000.000
<i>Supervision Cost</i>		1.260.000.000
<i>Maintenance Cost</i>	1,163,967	16.844.961.000
<i>Tool Supplies</i>	174,595	2.526.744.000
<i>Royalt and Patent</i>		90.603.824.000
<i>Utility</i>		7.078.721.972.000
Total	1,338,562	7.574.247.590.000

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost*

Jenis Biaya	Biaya (Rp)
<i>Payroll Overhead</i>	1.680.000.000
<i>Laboratory Cost</i>	1.680.000.000
<i>Plant Overhead</i>	8.400.000.000
<i>Packaging</i>	181.262.764.000
<i>Distribution</i>	11.008.007.000
Total	204.030.771.000

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost*

Jenis Biaya	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depreciation</i>	1,662,810	24.064.230.000
<i>Property Tax</i>		5.104.831.000
<i>Insurance</i>	166,281	2.406.423.000

Total	1,829.091	31.575.484.000
--------------	------------------	-----------------------

Tabel 6. 11 *Manufacturing Cost*

Jenis Biaya	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Manufacturing Cost</i>	1,338,562	7.574.247.590.000
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>		204.030.771.000
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	1,829.091	31.575.484.000
Total	3,167,653	7.809.853.845.000

Tabel 6. 12 *General Expense*

Jenis Biaya	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Administration</i>		14.958.143.000
<i>Sales and Promotion</i>		181.262.764.000
<i>Research</i>		226.578.456.000
<i>Finance</i>	177,127	360.885.231.000
Total	177,127	783.684.594.000

Tabel 6. 13 *Analisa Keuntungan*

Jenis Biaya	Biaya (Rp)
Hasil Penjualan	9.063.138.224.000
Biaya Produksi	8.647.817.629.000
Keuntungan sebelum pajak	415.320.695
Keuntungan sesudah pajak	311.490.521.000

6.4 Hasil Analisa Kelayakan

Berdasarkan rincian hasil perhitungan pada tabel 6.3 sampai tabel 6.12 didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya:

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

$$\%ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

Return On Investment (ROI) sebelum pajak = 81%

Return On Investment (ROI) setelah pajak = 61%

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan *high risk*, minimal adalah 44% (Aries and Newton,1955).

2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresant}}$$

Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 0,58 Tahun

Pay Out Time (POT) setelah pajak = 0,66 Tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan *high risk*, maksimal yaitu 2 tahun (Aries and Newton,1955).

3. *Break Even Point (BEP)*

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

Break Even Point (BEP) = 44%

Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40 % - 60 %.

4. *Shut Down Point (SDP)*

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

$$Shut Down Point (SDP) = 35\%$$

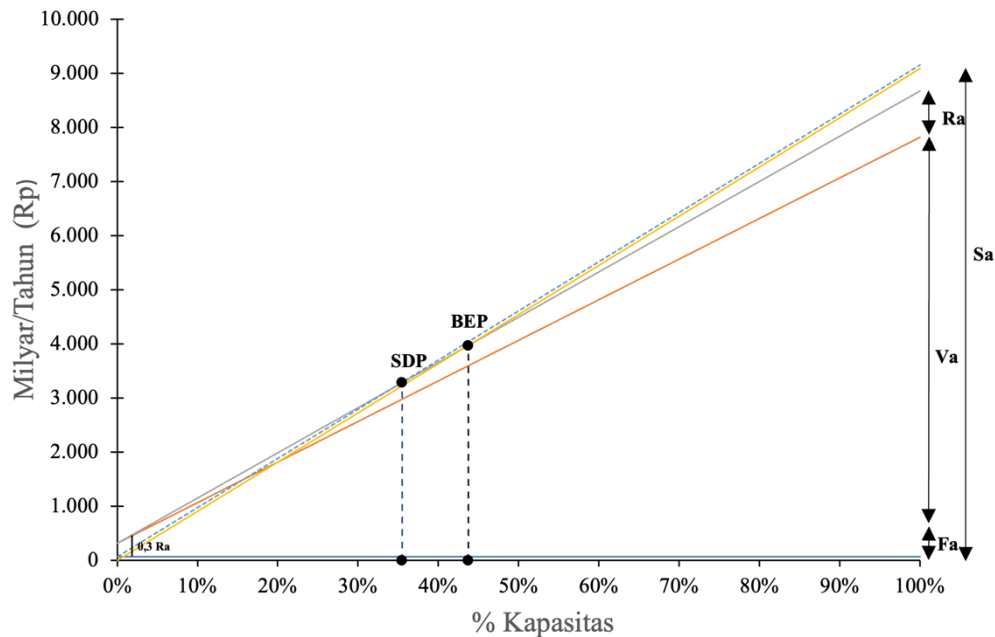
5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Didapatkan hasil analisa *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebagai berikut:

Umur pabrik	: 10 tahun
Fixed capital investment	: Rp 510.483.067.043
Working Capital	: Rp 2.663.652.311.000
Cash Flow	: Rp 700.968.000.000
Salvage Value	: Rp 91.131.250.000

Dengan menggunakan *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR dan diperoleh nilai DCFR sebesar 20,214%

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik *Phenylcyanide* dari *Ammonia*, *Toluene* dan udara ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi

6.5 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan = Rp. 9.063.138.224.000

Total Biaya Produksi = Rp. 8.647.817.529.000

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp. 415.320.695.000

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak (25%) = Rp. 103.830.174.000

Keuntungan setelah pajak = Rp. 311.490.521.000

6.6 Analisa Risiko Pabrik

Dalam perancangan ekonomi pabrik ini juga dibahas *risk management* pada pendirian pabrik *Phenyl Cyanide* dengan menggunakan pendekatan kualitatif. *Risk management* adalah suatu proses identifikasi, analisis, penilaian, pengendalian, dan upaya menghindari, meminimalisir, atau menghapus risiko yang mungkin dapat terjadi. *Risk management* ini diterapkan pada perusahaan dengan tujuan untuk

melindungi perusahaan maupun lingkungan sekitar dari risiko kejadian yang dapat merugikan, menciptakan lingkungan kerja yang aman dan terjamin untuk semua staf maupun pelanggan, meningkatkan stabilitas operasional pabrik sekaligus mengatur tanggung jawab hukum, memberikan proteksi untuk semua orang dan aset yang terlibat dalam risiko berbahaya, membantu menetapkan kebutuhan asuransi perusahaan sehingga dapat meminimalkan premi yang tidak penting. Untuk hasil identifikasi risiko ini dapat menentukan kategori risiko termasuk *low risk*, dan *medium risk*. Dengan mengetahui kategori risiko maka dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan dan tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak negatif dan probabilitas yang dapat terjadi di masa yang akan datang.

Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi pada pabrik *Phenyl Cyanide* memenuhi seluruh parameter kelayakan ekonomi. Parameter yang dilihat pada penentuan resiko pabrik antara lain:

1. Kondisi Operasi

Suhu tertinggi terdapat pada alat Reaktor (R-01) yang beroperasi pada suhu 270–360 °C

2. Karakteristik bahan baku dan produk

- a. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu *Toluene* dan *Ammonia*. *Toluene* merupakan cairan bening yang memiliki aroma tajam dan bersifat mudah terbakar. Sedangkan *Ammonia* memiliki bau yang sangat menyengat, tidak berwarna dan bertekanan tinggi.

b. Produk

Produk yang dihasilkan merupakan *Phenyl Cyanide*. *Phenyl Cyanide* merupakan senyawa tidak berwarna, berbau manis dan bersifat karsinogenik.

Dari hasil analisis ekonomi pabrik dan analisis resiko tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik *Phenyl Cyanide* yang akan berdiri termasuk ke dalam pabrik yang memiliki resiko tinggi (*high risk*).

Tabel 6. 14 Kelayakan pabrik

Parameter	Terhitung	Keterangan
ROI sebelum pajak	81%	Dari Aries dan Newton, pabrik industri kimia dengan resiko tinggi dikatakan layak jika minimal ROI sebelum pajak sebesar 44%. Jadi dapat disimpulkan bahwa ROI pabrik ini sudah memenuhi persyaratan analisis kelayakan
POT sebelum pajak	0,58 tahun	Dan juga dikutip dari buku Aries dan Newton, untuk pabrik Industri kimia memiliki nilai maksimal 2 tahun untuk <i>high risk</i> . Jadi dapat disimpulkan bahwa POT pabrik ini sudah memenuhi persyaratan analisis kelayakan
BEP	44%	Menurut Aries dan Newton, nilai BEP direntang angka dari 40% hingga 60%. Jadi

		dapat disimpulkan bahwa BEP pabrik ini sudah memenuhi persyaratan analisis kelayakan
SDP	35%	
DCFR	20,21%	DCFR dikatakan memenuhi kelayakan jika nilai DCFR lebih tinggi dari suku bunga bank saat ini. Diketahui suku bunga bank sebesar 5,50%, sehingga dapat disimpulkan DCFR pabrik ini sudah memenuhi persyaratan analisis kelayakan.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil laporan prancangan pabrik *Phenylcyanide* antara lain:

1. Pabrik *Phenylcyanide* dari *Ammonia*, *Toluene* dan Udara, dengan kapasitas 30.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, memberi lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Ditinjau dari karakteristik bahan baku dan produk yang terlibat serta kondisi operasi alat, maka pabrik *Phenyl Cyanide* memiliki risiko yang tinggi (*high risk*).
3. Ditinjau dari segi ekonomi yaitu evaluasi ekonomi yang dilakukan, maka pabrik ini menarik dan layak untuk dipertimbangkan serta dikaji lebih lanjut dengan melihat beberapa indikator sebagai berikut:
 - a. *Return On Investment (ROI)*, nilai minimum ROI untuk pabrik dengan risiko tinggi yaitu 44%.
 - ROI sebelum pajak = 81%
 - ROI setelah pajak = 61%
 - b. *Pay Out Time*, nilai maksimal POT untuk pabrik dengan risiko tinggi yaitu 2 tahun.
 - POT sebelum pajak = 0,58 tahun
 - POT setelah pajak = 0,66 tahun

- c. *Break Event Point* = 44%, nilai BEP berkisar antara 40 – 60%.
- d. *Shut Down Point* = 35%, nilai SDP berada diatas 20%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate* = 20,21%, nilai DCFR harus diatas 1,5 kali dari suku bunga bank.

Dengan mempertimbangkan hasil evaluasi ekonomi diatas maka pabrik *Phenyl Cyanide* dari *Ammonia*, *Toluene* dan Udara, menggunakan proses amoksidasi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.

7.2 Saran

Prarancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep - konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang ramah lingkungan.
2. Produk *Phenyl Cyanide* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
3. Pengoptimalan pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan agar lebih mengoptimalkan keuntungan yang bisa diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1954. Chemical Engineering Cost Estimation. McGraw Hill Book Company Inc, New York.
- Badan Pusat Statistika. 2023. Kebutuhan Impor dan Ekspor Xylene 2023.
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1979. Process Equipment Design . Wiley Eastern Limited. New Delhi
- Brown, G.G., 1950. Unit Operations. pp, 131-143; 174-186; John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Cavalli, P. et all, 1987, "*Amoxidation of Toluene to Benzonitrile on Vanadium-Titanium Oxides Catalysts Prepared by Precipitation. The Role of Catalyst Composition*", Ind. Eng. Chem. Res., p. 639-647.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. 1983. Chemical Engineering Design. Vol, 6, pp,157-161; 762-778, Pergamon Press, Oxford.
- Crowl, D.A., And Louvar, J.F. 2002. Chemical Process Safety Fundamentals with Applications, 2nd ed, pp, 368-370, Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Den Ridder, JJJ; Van Ingen, HWTJ; van den Berg, PJ Kinetika amoksidasi fase gas toluena menjadi benzonitril pada katalis Bi-Mo-O. *Rec. JR Netherland Chem. Soc.* **2010** , 98 , 289–293.
- Evans, F.L. 1979. Equipment Design Handbook, Vol,1, 2nd ed, Gulf Publishing Co, Houston.
- Fogler, H.S. 2006. Elements of Chemical Reaction Engineering. 4th ed, pp, 12-23, Pearson Education, Inc Massachusetts.
- Geankoplis, J.Christie. 1978. Transport Process and Unit Operation. Prentice Hall International.
- Joback, K. G., & Reid, R.C. 1987. Estimation of Pure-Component Properties from Group-Contributions. Chemical Engineering Communications,57(1-6), 233-243.
- Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Kirk Othmer, 1998, "*Encyclopedia of Chemical Technolog* ", 4nd.ed. Vol.7. Interscience Willey.

- McCabe, Smith, J.C., and Harriot. 1985. Unit Operation of Chemical Engineering 4th edition. New York : McGraw Hill Book Company.
- McCabe, John J. 1984. Encyclopedia of Chemical Processing and Design. Marcel Dekker Inc USA.
- Perry, R. H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S., and Timmerhaus, H. C. 1991. "Plant Design and Economics for Chemical Engineering", 4th Ed. Tokyo: McGraw Hill.
- Poling, B. E., Thomson, G. H., Friend, D. G., Rowley, R. L., dan Wilding, W.V. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook. Ed. 8th. United State : McGraw-Hill Companies, Inc.
- Sinnott, R. K. 2005. Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6. (Hal. 322 : Heat Capacities of the Element). Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 1982. Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition. New York : McGraw Hill Book Company.
- Treybal, R.E. 1981. Mass Transfer Operation. 3rd ed, pp 189-210; 252-261, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Ulrich, Gael D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Walas, S.M. 1988. Chemical Process Equipment. 3rd ed, Butterworths series in chemical engineering, USA.
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook. New York : McGraw Hill Education.
- Kurs Dollar, "Kurs Dollar Hari ini", www.kursdollarweb.id, diakses tanggal 20 Desember 2023.

LAMPIRAN-1

PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan NH_3 , C_7H_8 , dan Udara menjadi $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$

Tipe Reaktor : *Fixed Bed Multitube*

Kondisi Operasi : Suhu 200 – 360 °C

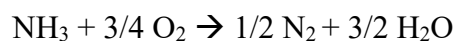
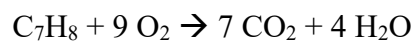
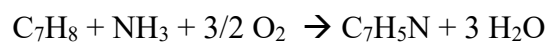
Tekanan 6,5 atm

Reaksi : Eksotermis

1. Pemilihan reaktor *fixed bed multitube* karena beberapa pertimbangan diantaranya:

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat
- Umur katalis panjang
- Reaksi Eksotermis sehingga
- Tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
- Konstruksi reaktor fixed bed multitube lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasional dan perawatan relatif murah

2. Reaksi kimia yang terjadi yaitu :

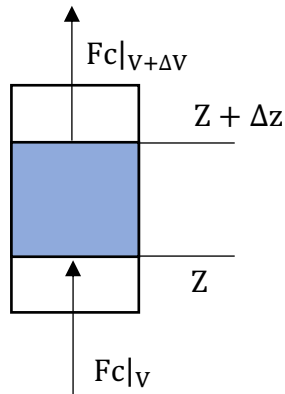


3. Pembentukan Persamaan matematis :

a. Neraca massa untuk $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$

Kecepatan massa $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$ masuk - Kecepatan massa $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$ keluar + $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}$

terbentuk = Akumulasi. Pada keadaan *steady state*, Akumulasi = 0



Secara matematis dapat ditulis menjadi:

$$F_c|_v - F_c|_{v+\Delta v} + r_c \Delta v = 0$$

$$F_c|_v - F_c|_{v+\Delta v} = -r_c \Delta v$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F_c|_v - F_c|_{v+\Delta v}}{\Delta v} = -r_c$$

$$-\frac{dF_c}{dv} = -r_c$$

$$v = \frac{\pi \cdot Id^2}{4 \cdot z}$$

$$-\frac{dF_c}{\left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right) dz} = -r_c$$

$$F_c = -Fa_0 \cdot x_1$$

Fa_0 : kecepatan mol C_7H_8 masuk reaktor [kmol/s]

x_1 : konversi reaksi C_7H_8 menjadi C_7H_5N

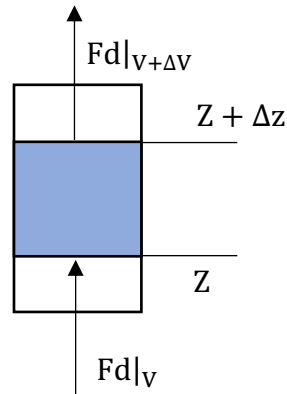
Substitusi ke persamaan diatas, diperoleh:

$$\frac{Fa_0 dx_1}{dz} = -r_c \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right)$$

$$\frac{dx_1}{dz} = -\frac{r_c \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right)}{Fa_0}$$

b. Neraca massa untuk CO₂

Kecepatan massa CO₂ masuk - kecepatan massa CO₂ keluar + kecepatan CO₂ terbentuk = Akumulasi. Pada keadaan steady state, Akumulasi = 0



Secara matematis dapat ditulis menjadi:

$$Fd|_v - Fd|_{v+\Delta v} + rd \Delta v = 0$$

$$Fd|_v - Fd|_{v+\Delta v} = -rd \Delta v$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Fd|_v - Fd|_{v+\Delta v}}{\Delta v} = -rd$$

$$-\frac{dFd}{dv} = -rd$$

$$v = \frac{\pi \cdot Id^2}{4 \cdot z}$$

$$-\frac{dF^2}{\left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right) dz} = -rd$$

$$Fd = -Fa0 \cdot x^2$$

Fa0 : kecepatan mol C₇H₈ masuk reaktor [kmol/s]

x² : konversi reaksi C₇H₈ menjadi CO₂

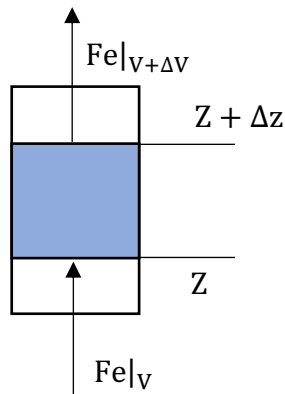
Substitusi ke persamaan diatas, diperoleh:

$$\frac{Fa0 \, dx^2}{dz} = -r^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right)$$

$$\frac{dx^2}{dz} = -\frac{r^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right)}{Fa0}$$

c. Neraca massa untuk N₂

Kecepatan massa N₂ masuk - kecepatan massa N₂ keluar + kecepatan N₂ terbentuk = Akumulasi. Pada keadaan *steady state*, Akumulasi = 0



Secara matematis dapat ditulis menjadi:

$$Fe|_v - Fe|_{v+\Delta v} + re \Delta v = 0$$

$$Fe|_v - Fe|_{v+\Delta v} = -re \Delta v$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Fe|_v - Fe|_{v+\Delta v}}{\Delta v} = -re$$

$$-\frac{dFe}{dv} = -re$$

$$v = \frac{\pi \cdot Id^2}{4 \cdot z}$$

$$-\frac{dFe}{\left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4}\right) dz} = -re$$

$$Fe = -2 Fb0 \cdot x^3$$

Fb0 : kecepatan mol NH₃ masuk reaktor [kmol/s]

x₃ : konversi reaksi NH₃ menjadi N₂

Substitusi ke persamaan diatas, diperoleh:

$$\frac{F_{b0} dx^3}{dz} = -r^3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4} \right)$$

$$\frac{dx^3}{dz} = - \frac{r^3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot Id^2}{4} \right)}{F_{b0}}$$

Dengan hubungan:

F_c : Kecepatan mol C_7H_5N (kmol/s)

F_d : Kecepatan mol CO_2 (kmol/s)

F_e : Kecepatan mol N_2 (kmol/s)

r_c : Kecepatan mol C_7H_5N yang terbentuk dalam sistem (kmol/m³s)

r_d : Kecepatan mol CO_2 yang terbentuk dalam sistem (kmol/m³s)

r_e : Kecepatan mol N_2 yang terbentuk dalam sistem (kmol/m³s)

Id : Diameter dalam pipa (m)

Δv : Elemen volume reaktor (m³)

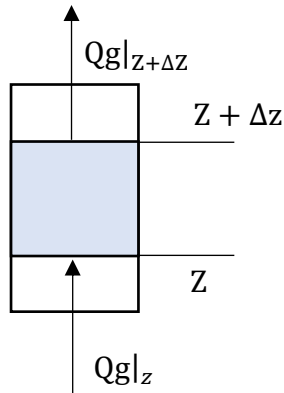
Z : Tinggi bed

Neraca massa reaktor

Tabel Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/Jam)	Keluar (kg/Jam)
N2	16.947	17.357,5
O2	5.148,6	1.716,2
CO2	0	1,3
NH3	1.951,7	485
C6H6	10,6	10,6
H2O	403,7	4.268,3
C7H8	5.286,5	52,6
C7H5N	0	5.857
Total	29.748,5	29.748,5

d. Neraca panas dalam elemen volume 1 pipa



Dimana:

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{Qg|_Z - Qg|_{Z+\Delta Z}}{\Delta Z} = -[(-r1)\Delta hr1 + (-r2)\Delta hr2] \frac{\pi \cdot Id^2}{4} + Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot (Tg - Tp)$$

$$-\frac{dQg}{dz} = -[(-r1)\Delta hr1 + (-r2)\Delta hr2] \frac{\pi \cdot Id^2}{4} + Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot (Tg - Tp)$$

$$\frac{dQg}{dz} = \sum Fgi \cdot Cpgi \frac{dTg}{dz} + (Tg - Treff) \frac{d \sum Fgi \cdot Cpgi}{dz}$$

$$-\frac{dTg}{dz} = \frac{-[(-r1)\Delta hr1 + (-r2)\Delta hr2] \frac{\pi \cdot Id^2}{4} + Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot (Tg - Tp)}{\sum Fgi \cdot Cpgi}$$

Dengan hubungan:

Fgi : Aliran gas (kmol/jam)

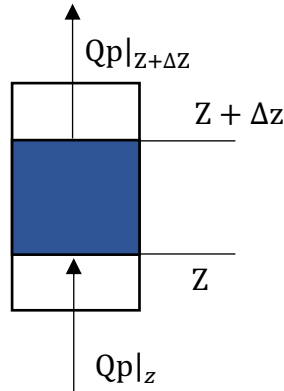
$Cpgi$: Kapasitas Panas fase gas masing masing komponen (kJ/kmol. K)

Tg : Suhu gas (K)

Tp : Suhu pendingin (K)

$Treff$: Suhu refferensi (K)

e. Neraca Panas untuk media pendingin



Dimana:

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Qp|_z - Qp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot npipa (Tg - Tp)$$

$$-\frac{dQp}{dz} = -Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot npipa (Tg - Tp)$$

$$\frac{d fmassp c_{pp} (Tp - T_{reff})}{dz} = Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot npipa (Tg - T_{reff})$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot npipa (Tg - T_p)}{fmassp c_{pp}}$$

Dengan hubungam:

C_{pp} : Kapasitas panas media pendingin (kJ/kg K)

f_{massp} : Kecepatan massa media pendingin (kg/s)

$npipa$: Jumlah pipa

Ud : Koefisien perpindahan kalor (kJ/m² s K)

Od : Diameter luar pipa (m)

Qp : Panas yang dibawa oleh pendingin (kJ/s)

T_g : Suhu gas (K)

T_p : Suhu pendingin (K)

T_{reff} : Suhu refferensi (K)

Neraca Panas Reaktor

Tabel Neraca Panas Reaktor

Komponen	Qin (kJ/jam)	Qout (kJ/jam)
N2	4.351.973	4.678.700
O2	1.198.396	419.766
CO2		330
NH3	1.104.662	289.299
C6H6	3.934	4.177
H2O	189.527	2.105.388
C7H8	2.055.691	21.701
C7H5N		2.144.031
<i>Dowtherm</i>	16.267,25	16.592,3
Total	9.679.984	9.679.984

f. Penurunan Tekanan

Persamaan penurunan tekanan dihitung dengan persamaan Tallmagade (Bird, R.B., " Transport Phenomena ", ed 2, halaman 191).

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

Dengan hubungan:

D_p : Diameter katalis (m)

G_p : Flux massa (kg/m²s)

Re_p : Bilangan Reynold

P_t : Tekanan (Pa)

ε : Porositas katalis

ρ : Rapat massa gas (kg/m³)

4. Persamaan Pendukung

a. Variable perancangan

Pada perhitungan reaktor *fixed bed multitube* ini, besaran yang digunakan sebagai variable perancangan adalah :

1. Suhu reaktan masuk (K)
2. Tekanan reaktor (atm)
3. Suhu media pendingin masuk (K)
4. Bilangan *Reynold*
5. Kecepatan massa media pendingin yang diperlukan

b. Ukuran pipa

Dipilih berdasarkan Rase, H.F., "Chemical Reactor Design for Process Plants", (1977), John Wiley and Son, Inc., N.Y, vol.I, hal.535. Ukuran pipa yang digunakan berkisar antara 1 sampai 2 in.

c. Jumlah pipa

Jumlah pipa yang diperlukan dihitung berdasarkan bilangan *Reynold* yang digunakan:

$$Re_p = \frac{Id G_p}{\mu}$$

Dengan hubungan:

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

Id : Diameter dalam pipa (m)

Re_p : Bilangan Reynold

Flux massa dihitung dengan persamaan:

$$Gp = \frac{f_{masst}}{n_{pipa} a_p}$$

Dengan hubungan:

a_p : Luas aliran dalam pipa (m)

f_{masst} : Kecepatan massa total (kg/s)

n_{pipa} : Jumlah pipa

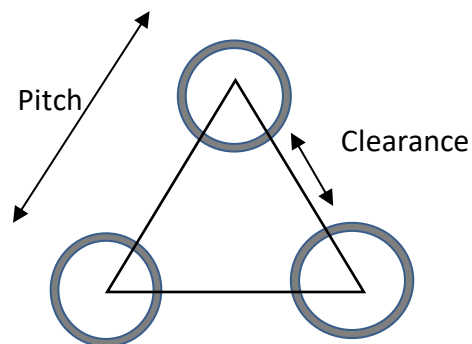
Masukkan kedalam persamaan persamaan bilangan Reynold, diperoleh:

$$Re_p = \frac{Id f_{masst}}{\mu n_{pipa} a_p}$$

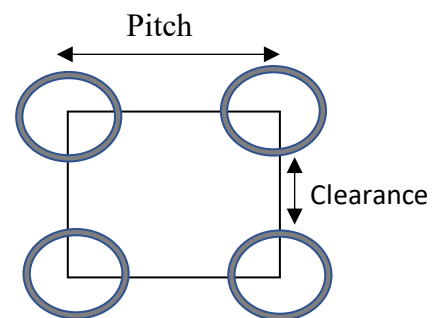
$$n_{pipa} = \frac{Id f_{masst}}{Re_p a_p \mu}$$

d. Susunan pipa

Pipa dalam reaktor dapat disusun secara triangular atau secara bujur sangkar



Susunan Triangular



Susunan bujur sangkar

e. Koefisien perpindahan kalor gabungan

Dihitung berdasarkan persamaan korelasi:

$$Rd = \frac{1}{Ud} - \frac{1}{Uc}$$

Dengan hubungan:

Rd : Resistansi thermal terhadap pengotor (m²sK/kJ)

Uc : Koefisien perpindahan kalor gabungan bersih (kJ/m²sK)

Ud : Koefisien perpindahan kalor gabungan design (kJ/m²sK)

Persamaan Rd disusun kembali menjadi:

$$\frac{1}{Ud} = \frac{Rd Uc + 1}{Uc}$$

$$Ud = \frac{Uc}{Rd Uc + 1}$$

Koefisien perpindahan kalor dalam tube

Dihitung dengan persamaan:

$$hi = 0.021 \frac{kthav}{Id} Re^{0.8} Pr^{1/3}$$

Dengan hubungan:

Id : Diameter dalam pipa (m)

hi : koefisien perpindahan kalor dalam pipa (kJ/m² s K)

kthav : konduktivitas thermal gas (kJ/m s K)

Prt : Bilangan Prandtl

Ret : Bilangan Reynold

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong

Dihitung dengan persamaan:

$$h_0 = 0.36 \frac{k_{th}}{De} Re^{0.55} Pr^{1/3}$$

Dengan hubungan:

De : Diameter ekivalen (m)

ho : koefisien perpindahan kalor pada selongsong (kJ/m² s K)

kth : konduktivitas thermal (kJ/m s K)

Pr : Bilangan Prandtl

Re : Bilangan Reynold

f. Fraksi mol masing – masing komponen

Dihitung dengan persamaan:

$$y_i = \frac{\text{Kecepatan mol masing – masing komponen}}{\text{Kecepatan mol total}}$$

Viskositas gas campuran

Dihitung dengan persamaan:

$$n_{\text{gas}} = A + B T + C T^2$$

Data untuk viskositas fase gas

Diperoleh dari Yaws, C.L., "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill, New York, N.Y., (1999).

Komponen	A	B	C
N ₂	4,26,E+01	4,75,E-01	-9,88,E-05
O ₂	4,42,E+01	5,62,E-01	-1,13,E-04
CO ₂	1,18,E+01	4,98,E-01	-1,09,E-04

NH ₃	-7,87,E+00	3,67,E-01	-4,47,E-06
C ₆ H ₆	-1,51,E-01	2,57,E-01	-8,98,E-06
H ₂ O	-3,68,E+01	4,29,E-01	-1,62,E-05
C ₇ H ₈	1,79,E+00	2,36,E-01	-9,35,E-06
C ₇ H ₅ N	-1,33,E+01	2,53,E-01	-2,45,E-05

Konduktivitas thermal fase gas campuran

Dihitung dengan persamaan:

$$K_{\text{gas}} = A + B T + C T^2$$

Data untuk konduktivitas thermal fase gas

Diperoleh dari Yaws, C.L., "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill, New York, N.Y., (1999).

Komponen	A	B	C
N ₂	3,09E-03	7,59E-05	-1,10E-08
O ₂	1,21E-03	8,62E-05	-1,33E-08
CO ₂	-1,20E-02	1,02E-04	-2,24E-08
NH ₃	4,57E-03	2,32E-05	1,48E-07
C ₆ H ₆	-5,65E-03	3,45E-05	6,93E-08
H ₂ O	5,30E-04	4,71E-05	4,96E-08
C ₇ H ₈	-0,00776	4,49E-05	6,45E-08
C ₇ H ₅ N	-0,00777	4,56E-05	1,47E-08

Kapasitas panas fase gas:

Dihitung dengan persamaan:

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 + E T^4$$

Data untuk kapasitas panas fase gas

Diperoleh dari Yaws, C.L., "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill,
New York, N.Y., (1999).

Komponen	A	B	C	D	E
N ₂	2,93E+01	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
O ₂	2,95E+01	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
CO ₂	2,74E+01	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13
NH ₃	33,573	-1,26E-02	8,89E-05	-7,18E-08	1,86E-11
C ₆ H ₆	-31,368	4,75E-01	-3,11E-04	8,52E-08	-5,05E-12
H ₂ O	3,39E+01	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
C ₇ H ₈	-24,097	5,22E-01	-2,98E-04	6,12E-08	1,26E-12
C ₇ H ₅ N	-2,624	4,58E-01	-2,68E-04	4,37E-08	7,32E-12

g. Data katalis

Katalis : Vanadium Penta Oksida (V₂O₅)

Bentuk : Butiran

Diameter : 0,005 m

Porositas : 0,6

ρ : 1480 (kg/m³)

Perancangan ini diselesaikan menggunakan metode rungge kutta dengan bantuan Visual Basic Application (VBA) dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tinggi (m)	x1	x2	x3	Tg (°C)	Tp (°C)	P (atm)
0	0	0	0	270	50	6,5
0,1	0,00428	2,3321E-07	0,008886176	270,3	50,8	6,5
0,2	0,00858	4,6856E-07	0,017794753	270,7	51,5	6,5

0,3	0,01291	7,0608E-07	0,026725289	271,0	52,3	6,5
0,4	0,01727	9,4582E-07	0,035677313	271,3	53,1	6,5
0,5	0,02166	1,1878E-06	0,044650319	271,7	53,8	6,5
0,6	0,02608	1,432E-06	0,053643769	272,0	54,6	6,5
0,7	0,03052	1,6786E-06	0,062657089	272,4	55,4	6,5
0,8	0,03499	1,9275E-06	0,071689666	272,7	56,1	6,5
0,9	0,0395	2,1788E-06	0,08074085	273,1	56,9	6,5
1	0,04403	2,4325E-06	0,089809944	273,4	57,6	6,5
1,1	0,04859	2,6887E-06	0,098896212	273,8	58,4	6,5
1,2	0,05319	2,9474E-06	0,107998868	274,2	59,2	6,5
1,3	0,05781	3,2086E-06	0,117117077	274,5	59,9	6,5
1,4	0,06247	3,4724E-06	0,126249953	274,9	60,7	6,5
1,5	0,06716	3,7388E-06	0,135396552	275,3	61,5	6,5
1,6	0,07188	4,0079E-06	0,144555876	275,6	62,2	6,5
1,7	0,07663	4,2797E-06	0,153726862	276,0	63,0	6,5
1,8	0,08142	4,5543E-06	0,162908384	276,4	63,7	6,5
1,9	0,08624	4,8316E-06	0,172099247	276,8	64,5	6,5
2	0,0911	5,1119E-06	0,181298183	277,1	65,3	6,5
2,1	0,09599	5,395E-06	0,190503849	277,5	66,0	6,5
2,2	0,10091	5,681E-06	0,199714818	277,9	66,8	6,5
2,3	0,10587	5,9701E-06	0,208929581	278,3	67,5	6,5
2,4	0,11087	6,2622E-06	0,218146537	278,7	68,3	6,5
2,5	0,1159	6,5575E-06	0,22736399	279,1	69,0	6,5
2,6	0,12097	6,8559E-06	0,236580142	279,5	69,8	6,5
2,7	0,12608	7,1575E-06	0,245793089	279,9	70,6	6,5
2,8	0,13123	7,4624E-06	0,255000816	280,3	71,3	6,5
2,9	0,13641	7,7706E-06	0,264201186	280,7	72,1	6,5
3	0,14164	8,0823E-06	0,273391938	281,2	72,8	6,5
3,1	0,1469	8,3974E-06	0,282570676	281,6	73,6	6,5
3,2	0,1522	8,716E-06	0,291734865	282,0	74,3	6,5

3,3	0,15755	9,0382E-06	0,30088182	282,4	75,1	6,5
3,4	0,16294	9,3641E-06	0,3100087	282,9	75,8	6,5
3,5	0,16837	9,6937E-06	0,319112497	283,3	76,6	6,5
3,6	0,17384	1,0027E-05	0,328190028	283,7	77,4	6,5
3,7	0,17936	1,0364E-05	0,337237924	284,2	78,1	6,5
3,8	0,18492	1,0706E-05	0,346252623	284,6	78,9	6,5
3,9	0,19053	1,1051E-05	0,355230354	285,1	79,6	6,5
4	0,19618	1,14E-05	0,36416713	285,5	80,4	6,5
4,1	0,20188	1,1754E-05	0,373058734	286,0	81,1	6,5
4,2	0,20763	1,2111E-05	0,381900708	286,5	81,9	6,5
4,3	0,21342	1,2474E-05	0,39068834	286,9	82,6	6,5
4,4	0,21927	1,284E-05	0,399416651	287,4	83,4	6,5
4,5	0,22516	1,3211E-05	0,408080381	287,9	84,1	6,5
4,6	0,23111	1,3587E-05	0,416673975	288,4	84,9	6,5
4,7	0,2371	1,3968E-05	0,42519157	288,9	85,6	6,5
4,8	0,24315	1,4353E-05	0,433626981	289,4	86,4	6,5
4,9	0,24925	1,4743E-05	0,441973683	289,9	87,1	6,5
5	0,25541	1,5139E-05	0,450224802	290,4	87,9	6,5
5,1	0,26162	1,5539E-05	0,458373098	290,9	88,6	6,5
5,2	0,26789	1,5945E-05	0,466410951	291,4	89,4	6,5
5,3	0,27421	1,6356E-05	0,474330349	291,9	90,1	6,5
5,4	0,2806	1,6772E-05	0,482122875	292,4	90,9	6,5
5,5	0,28704	1,7195E-05	0,489779699	293,0	91,6	6,5
5,6	0,29354	1,7623E-05	0,497291564	293,5	92,3	6,5
5,7	0,30011	1,8056E-05	0,504648784	294,1	93,1	6,5
5,8	0,30673	1,8496E-05	0,511841237	294,6	93,8	6,5
5,9	0,31342	1,8942E-05	0,518858361	295,2	94,6	6,5
6	0,32018	1,9395E-05	0,525689164	295,7	95,3	6,5
6,1	0,327	1,9853E-05	0,532322224	296,3	96,1	6,5
6,2	0,33389	2,0319E-05	0,538745703	296,9	96,8	6,5

6,3	0,34085	2,0791E-05	0,544947369	297,5	97,6	6,5
6,4	0,34788	2,127E-05	0,550914617	298,1	98,3	6,5
6,5	0,35498	2,1756E-05	0,556634501	298,7	99,1	6,5
6,6	0,36215	2,2249E-05	0,562093784	299,3	99,8	6,5
6,7	0,3694	2,275E-05	0,567278979	299,9	100,6	6,5
6,8	0,37672	2,3258E-05	0,572176418	300,5	101,3	6,5
6,9	0,38412	2,3775E-05	0,576772322	301,1	102,1	6,5
7	0,3916	2,4299E-05	0,581052884	301,8	102,8	6,5
7,1	0,39916	2,4831E-05	0,585004368	302,4	103,6	6,5
7,2	0,4068	2,5372E-05	0,588613211	303,1	104,3	6,5
7,3	0,41453	2,5922E-05	0,591866145	303,7	105,0	6,5
7,4	0,42234	2,6481E-05	0,594750324	304,4	105,8	6,5
7,5	0,43024	2,7049E-05	0,597253456	305,1	106,5	6,5
7,6	0,43824	2,7626E-05	0,599363949	305,8	107,3	6,5
7,7	0,44632	2,8213E-05	0,60107105	306,5	108,0	6,5
7,8	0,45449	2,8809E-05	0,602364993	307,2	108,8	6,5
7,9	0,46277	2,9416E-05	0,603237136	307,9	109,5	6,5
8	0,47114	3,0034E-05	0,603680094	308,6	110,3	6,5
8,1	0,47961	3,0662E-05	0,603687852	309,3	111,0	6,5
8,2	0,48818	3,1302E-05	0,603255864	310,1	111,8	6,5
8,3	0,49686	3,1952E-05	0,602381135	310,9	112,5	6,5
8,4	0,50565	3,2615E-05	0,601062262	311,6	113,3	6,5
8,5	0,51454	3,329E-05	0,599299463	312,4	114,0	6,5
8,6	0,52355	3,3977E-05	0,59709456	313,2	114,8	6,5
8,7	0,53267	3,4678E-05	0,594450936	314,0	115,5	6,5
8,8	0,54192	3,5391E-05	0,591373462	314,8	116,3	6,5
8,9	0,55128	3,6118E-05	0,587868392	315,7	117,1	6,5
9	0,56077	3,686E-05	0,583943226	316,5	117,8	6,5
9,1	0,57039	3,7616E-05	0,579606556	317,4	118,6	6,5
9,2	0,58013	3,8387E-05	0,574867896	318,3	119,3	6,5

9,3	0,59002	3,9174E-05	0,569737491	319,2	120,1	6,5
9,4	0,60004	3,9977E-05	0,564226129	320,1	120,8	6,5
9,5	0,6102	4,0797E-05	0,558344941	321,0	121,6	6,5
9,6	0,62051	4,1634E-05	0,552105218	322,0	122,4	6,5
9,7	0,63096	4,2489E-05	0,545518225	322,9	123,1	6,5
9,8	0,64158	4,3363E-05	0,538595032	323,9	123,9	6,5
9,9	0,65235	4,4256E-05	0,531346363	324,9	124,6	6,5
10	0,66328	4,5168E-05	0,523782457	325,9	125,4	6,5
10,1	0,67438	4,6102E-05	0,51591295	326,9	126,2	6,5
10,2	0,68565	4,7057E-05	0,507746774	328,0	126,9	6,5
10,3	0,69711	4,8034E-05	0,499292078	329,1	127,7	6,5
10,4	0,70874	4,9035E-05	0,490556164	330,2	128,5	6,5
10,5	0,72057	5,0059E-05	0,48154544	331,3	129,3	6,5
10,6	0,73259	5,1109E-05	0,472265386	332,5	130,0	6,5
10,7	0,74481	5,2184E-05	0,462720545	333,7	130,8	6,5
10,8	0,75723	5,3287E-05	0,452914514	334,9	131,6	6,5
10,9	0,76987	5,4418E-05	0,442849957	336,1	132,4	6,5
11	0,78273	5,5578E-05	0,432528632	337,3	133,1	6,5
11,1	0,79582	5,6769E-05	0,421951426	338,6	133,9	6,5
11,2	0,80913	5,7992E-05	0,411118419	340,0	134,7	6,5
11,3	0,82269	5,9247E-05	0,400028965	341,3	135,5	6,5
11,4	0,83648	6,0537E-05	0,388681806	342,7	136,3	6,5
11,5	0,85052	6,1862E-05	0,377075245	344,1	137,1	6,5
11,6	0,86482	6,3224E-05	0,365207386	345,6	137,9	6,5
11,7	0,87936	6,4622E-05	0,353076518	347,1	138,7	6,5
11,8	0,89414	6,6059E-05	0,340681696	348,7	139,5	6,5
11,9	0,90915	6,7532E-05	0,328023725	350,2	140,3	6,5
12	0,92436	6,9041E-05	0,315106857	351,8	141,1	6,5
12,1	0,93972	7,058E-05	0,301941963	353,5	141,9	6,5
12,2	0,95511	7,2138E-05	0,288552999	355,2	142,7	6,5

12,3	0,97028	7,369E-05	0,274992003	356,8	143,6	6,5
12,40	0,98455	7,5166E-05	0,261380625	358,4	144,4	6,5
12,44	0,98998	7,5731E-05	0,255579844	359,0	144,7	6,5

Dari tabel diatas dapat disimpulkan hasil perhitungan adalah:

Tinggi bed reaktor = 12,44 m

Diameter dalam pipa = 0,05 m

Diameter luar pipa = 0,06 m

Diameter selongsong = 6,157 m

Jumlah pipa = 5244 batang

5. Perhitungan pelengkap

a. Tebal Dinding Shell

Dihitung dengan persamaan 13.42 Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, (2008), Mc.Graw Hill halaman 986

$$ts = \frac{P_{gauge} Ids}{2 f \epsilon + 0.8 P_{gauge}} + C'$$

Dengan Hubungan:

C' : Faktor korosi (m)

fall : Allowable stress (Pa)

P_{gauge} : Tekanan perancangan menurut alatukur (Pa)

Ids : Diameter dalam selongsong (m)

ts : tebal dinding selongsong (m)

$$t_s = \frac{557.287,5 \text{ Pa} \times 6,15 \text{ m}}{2 \times 88917857,1 \text{ Pa} \times 90\% - 0,8 \times 557287,5 \text{ Pa}} + 0,003175$$

$$= 0,0247 \text{ m}$$

b. 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).

c. Tebal penutup

Dihitung dengan persamaan:

$$t_h = \frac{P_{gauge} I_{ds}}{2 f_{all} - 0.4 P_{gauge}} + C'$$

Dengan Hubungan:

C' : faktor korosi (m)

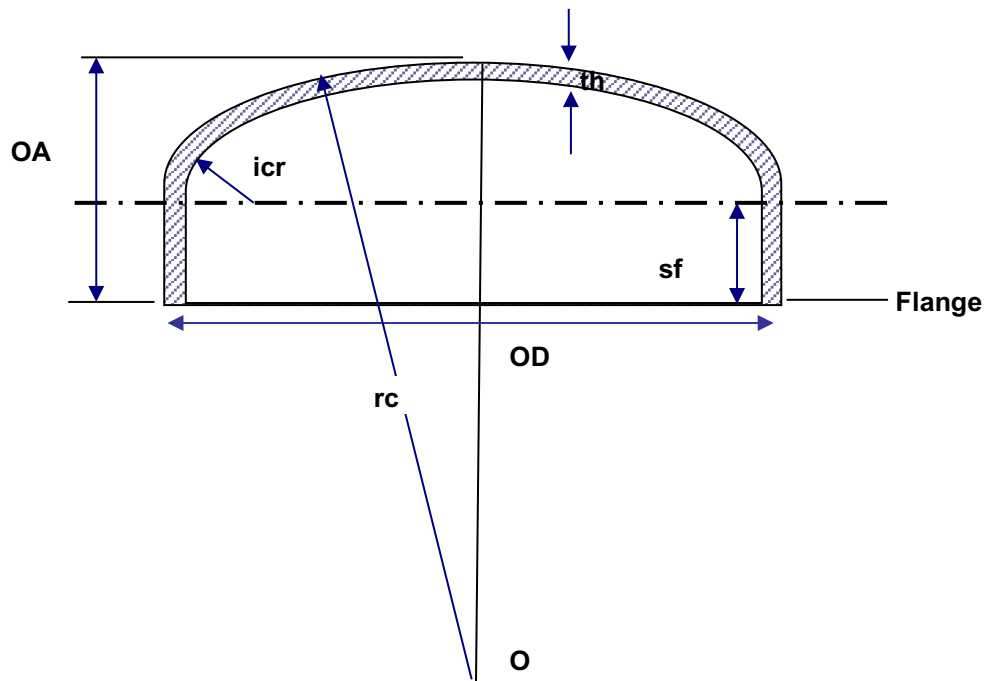
f_{all} : Allowable stress (Pa)

I_{ds} : Diameter dalam selongsong (m)

t_h : Tebal penutup (m)

$$t_h = \frac{687667,4 \text{ Pa} \times 6,15 \text{ m}}{2 \times 88917857,1 \text{ Pa} \times 0,4 \times 687667,4 \text{ Pa}} + 0,003175 \text{ m} = 0,027 \text{ m}$$

d. Tinggi Penutup



Dengan hubungan:

sf : Flange lurus (m)

icr : Jari jari sudut internal (m)

rc : Jari jari kelengkungan (m)

th : Tebal penutup (m)

OA : Tinggi penutup

Straight flange:

Nilai straight flange diperoleh dari tabel 5.6 Brownell and Young, Process Equipment Design, (1959), New York. Nilai straight flange berkisar antara $1\frac{1}{2}$ in sampai $3\frac{1}{2}$ in.

Dipilih SF = $3\frac{1}{2}$ in = 0,0889 m

Internal Corner Radius (icr): 1,75 in = 0,1842 m

e. Tinggi Total

$$H \text{ total} = \text{Tinggi Bed} + 2 \times \text{Ballast} + 2 \times \text{Tinggi Head}$$

Dimana:

Tinggi Ballast : 2,5000 in = 0,0635 m, (Rase, H.F., John Willey 1977).

Tinggi Bed : 12,44 m

Tinggi Head : 0,932 m

$$H \text{ total} = 12,44 \text{ m} + 2 \times 0,0635 \text{ m} + 2 \times 0,932 \text{ m}$$

$$H \text{ total} = 14,43 \text{ m}$$

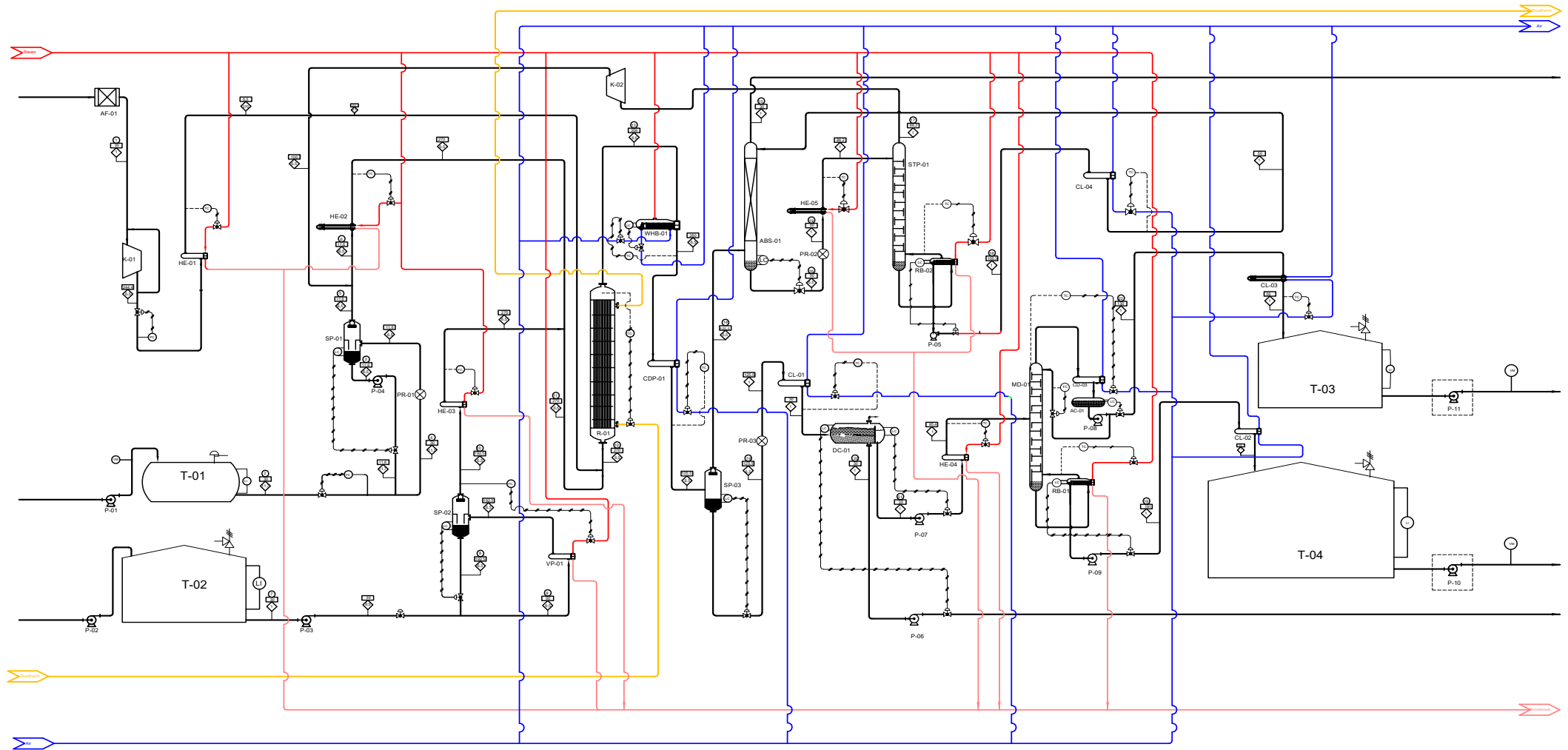
LAMPIRAN-2

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK PHENYL CYANIDE DARI TOLUENE, AMMONIA DAN UDARA

KAPASITAS :30 000 TON/TAHUN



NERACA MASSA (kg/jam)																							
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
N ₂	16947,40											16947,40	17357,50	17357,50	17357,50								
O ₂	5148,60											5148,60	1716,20	1716,20	1716,20								
CO ₂													1,30	1,30	1,30								
NH ₃		1556,90	1167,70	2724,70	1556,90	1951,70					1951,70	1951,70	485,00	485,00	88,20	396,80	394,80	1,98					
C ₆ H ₆							10,60	1,40	12,00	10,60	10,60	10,60	10,60	0,00					10,60	7,60	2,95	2,95	
H ₂ O	375,60	401,60	301,20	702,80	401,60	403,70					403,70	403,70	4268,30	1,20	1,20	45643,10	2,10	45641,00	4267,10	4267,10			
C ₇ H ₈							5286,50	1323,10	6609,60	5286,50	5286,50	5286,50	52,60						52,60	2,10	50,40	49,90	0,50
C ₇ H ₅ N													5857,00	0,10	0,10				5856,90	8,50	5848,40	58,50	5789,90
TOTAL	22471,60	1958,60	1468,90	3427,50	1958,60	2355,50	5297,10	1324,50	6621,60	5297,10	7625,50	29748,50	29748,50	19561,30	19164,50	46039,90	396,90	45642,98	10187,20	4285,40	5901,80	111,40	5790,40

Legenda	
1. Air	2. Ammonia
3. Toluene	4. Fenol
5. Nitrobenzena	6. Nitrobenzena
7. Nitrobenzena	8. Nitrobenzena
9. Nitrobenzena	10. Nitrobenzena
11. Nitrobenzena	12. Nitrobenzena
13. Nitrobenzena	14. Nitrobenzena
15. Nitrobenzena	16. Nitrobenzena
17. Nitrobenzena	18. Nitrobenzena
19. Nitrobenzena	20. Nitrobenzena
21. Nitrobenzena	22. Nitrobenzena
23. Nitrobenzena	24. Nitrobenzena

Simbol	
1. Nomor	2. Nomor
3. Nomor	4. Nomor
5. Nomor	6. Nomor
7. Nomor	8. Nomor
9. Nomor	10. Nomor
11. Nomor	12. Nomor
13. Nomor	14. Nomor
15. Nomor	16. Nomor
17. Nomor	18. Nomor
19. Nomor	20. Nomor
21. Nomor	22. Nomor
23. Nomor	24. Nomor

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK PHENYL CYANIDE DARI TOLUENE, AMMONIA DAN UDARA
KAPASITAS PRODUKSI : 30 000 TON/TAHUN

Dikerjakan Oleh : No Induk Mahasiswa

NAMA : 1. MUHAMMAD SATRIA NURUDDIN 19521211
2. ANDI ASMAUL FAUZIYAH 19521200

PEMBIMBING : 1. AJENG YULIANTI DWI LESTARI, S.T., M.T.

LAMPIRAN-3

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK KIMIA

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Andi Asmaul Fauziyah
No. Mahasiswa 1	:	19521200
Nama Mahasiswa 2	:	Muhammad Satria Nuruddin
No. Mahasiswa 2	:	19521211
Judul Pra rancangan Pabrik	:	PRARANCANGAN PABRIK HIDROGEN DAN METANA DARI LIMBAH MAKANAN
Mulai Masa Bimbingan	:	06 Juni 2023
Selesai Masa Bimbingan	:	20 November 2023

[illegible]

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 03 Juli 2024
Pembimbing,

Jeing

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

Catatan:

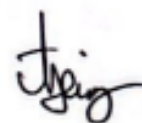
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Andi Asmaul Fauziyah
 No. Mahasiswa 1 : 19521200
 Nama Mahasiswa 2 : Muhammad Satria Nuruddin
 No. Mahasiswa 2 : 19521211
 Judul Pra rancangan Pabrik : PHENYLCYANIDE DARI TOLUENE, AMMONIA DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
 Mulai Masa Bimbingan : 06 Juni 2023
 Selesai Masa Bimbingan : 26 Juni 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	30-11-2023	Konsultasi pergantian judul	
2.	08-12-2023	Diskusi mengenai kapasitas pabrik dan data yang perlu dicari selanjutnya	 
3.	19-12-2023	Penentuan kapasitas pabrik, pemilihan alat proses dan diagram alir kualitatif	
4.	16-01-2024	Revisi diagram alir kualitatif dan konsultasi neraca massa	 
5.	25-01-2024	Konsultasi reaktor dan alat proses terkait alat kecil	
6.	19-02-2024	Revisi reaktor, alat proses dan konsultasi PEFD	 
7.	27-03-2024	Revisi PEFD	
8.	25-04-2024	Persetujuan luaran 6 sampai 9	 
9.	20-05-2024	Persetujuan luaran 9 sampai 13	
10.	22-05-2024	Konsultasi utilitas	 
11.	28-05-2024	Revisi utilitas dan pembahasan ekonomi	
12.	26-06-2024	Revisi ekonomi dan konsultasi naskah	 

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 08 Juli 2024
 Pembimbing,



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

Catatan:

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