

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL
DARI AMONIA, PROPILEN DAN UDARA
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

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



Oleh:

Nama : Effina Lukita Insan

NIM : 1921031

Nama : Yhunita Fibriani

NIM : 19521141

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

2023

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA,
PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Effina Lukita Insan

Nama : Yhunita Fibriani

NIM : 1921031

NIM : 19521141

Yogyakarta, 3 Agustus 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Effina Lukita Insan



Yhunita Fibriani

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI
AMONIA, PROPILEN, DAN UDARA
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Effina Lukita Insan Nama : Yhunita Fibriani
Nim : 19521031 NIM : 19521141



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA, PROPILEN DAN UDARA KAPASITAS PRODUKSI 40.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Effina Lukita Insan
NIM : 19521031

Nama : Yhunita Fibriani
NIM : 19521141

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

Yogyakarta, 11 September 2023

Tim Penguji,
Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.
Ketua

Dr. Diana, S.T., M.Sc.
Anggota I

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

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

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



Handwritten signatures in blue ink, including a signature with '....' and another with '12/9/23'.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir Prarancangan Pabrik yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Propilen, Amonia, dan Udara Kapasitas 40.000 Ton/Tahun”**, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama kuliah, serta sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas dukungan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas kehendak-Nya dan karunia-Nya yang selalu mengiringi selama proses penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga kami yang tanpa henti mendo'akan dan mendukung selama 4 tahun ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerjasamanya.
9. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu dalam mendukung dan membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir yang akan datang. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 9 Agustus 2023

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan selesainya tugas akhir ini, saya ucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Kastubiyanto, Ibu Aminah, adik saya Malfin dan Abizar serta keluarga besar saya yang tanpa henti selalu memberikan restu, do'a, dorongan, dan motivasi yang luar biasa. Terimakasih untuk do'a dan dukungan yang diberikan baik secara moril maupun materil. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga

Yhunita Fibriani, selaku *partner* hebat yang telah berproses bersama melalui suka duka sedari awal kerja praktek hingga tugas akhir ini selesai. Terimakasih atas waktu, pelajaran, tenaga, dukungan, dan kerjasamanya hingga kita berhasil berada di titik ini. Semoga tali silaturahmi ini tidak putus meskipun sudah berada di jalan masing-masing. Sehat dan sukses selalu.

Teman-teman terdekat saya khususnya Nabila Aprillia, Syafa Atika, dan Lia Mulia Ningsih yang selalu ada dan siap berbagi keluh kesah, suka dan duka bersama selama melewati masa-masa perkuliahan dan tugas akhir ini. Semoga tali silaturahmi kita tidak terputus sampai disini. Sehat dan sukses selalu untuk kalian Terimakasih atas segala bentuk dukungan, do'a dan semangatnya selama berproses 4 tahun ini.

(Effina Lukita Insan)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua terhebat saya yaitu Bapak Suparman dan Ibu Mursilah yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, bekal ilmu dan tiada henti memberikan do'a serta kasih sayang yang luar biasa. Terimakasih atas segala dukungan moral maupun materi sampai detik ini. Semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap anak bungsumu.

Tidak lupa untuk kakak-kakak tercinta saya mas Endrik, mbak Diah Ayu, mas Didik, dan mbak Nabella Rizki serta keluarga besar yang turut memberikan dukungan dan semangat untuk tetap terus menuntut ilmu setinggi-tingginya. Terimakasih atas segalanya, semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap adik kecilmu.

Effina Lukita Insan selaku *partner* yang telah berproses bersama melalui suka duka selama 3 tahun ini sedari kerja praktek, penelitian, hingga tugas akhir. Terimakasih atas segala kepercayaan yang telah diberikan serta dukungan dan kerjasamanya selama ini. Semoga kita selalu berkomunikasi dengan baik dan menjadi pribadi yang bermanfaat di dunia dan di akhirat.

Sahabat saya Yusie Aulia dan Hastin Lintang, dan orang-orang tersayang disekitar saya, terimakasih atas segala perhatian, semangat dan dukungan selama kuliah 4 tahun ini. Terimakasih telah menjadi rumah kedua selama di perantauan. Semoga kita tetap bisa bertegur sapa setelah lulus, dan menjadi sosok yang sukses kelak. Aamiin

Keluarga Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian sukses selalu. Aamiin.

(Yhunita Fibriani)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	3
1.2.1 Kebutuhan Akrilonitril Dalam Negeri.....	3
1.2.2 Konsumsi Akrilonitril Dalam Negeri.....	4
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	5
1.2.4 Kebutuhan Luar Negeri.....	6
1.2.5 Peluang Kapasitas Produksi	8
1.2.6 Kapasitas Rancangan Minimum	8
1.3 Tinjauan Pustaka	10
1.3.1 Proses produksi akrilonitril berdasarkan bahan baku.....	10
1.3.2 Pemilihan Proses Produksi Akrilonitril.....	11
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	13
1.4.1 Tinjauan Kinetika.....	13
1.4.2 Tinjauan Termodinamika	13
BAB II.....	16
2.1 Spesifikasi Produk	16
2.1.1 Akrilonitril (C_3H_3N).....	16
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	16
2.2.1 Propilen (C_3H_6)	16
2.2.2 Amonia (NH_3).....	17
2.2.3 Udara (O_2).....	18

2.3 Pengendalian Kualitas.....	19
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	19
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses	19
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	21
BAB III	22
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	22
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	22
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	23
3.2 Uraian Proses	24
3.3 Spesifikasi Alat	26
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	26
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah.....	29
3.3.3 Spesifikasi Alat Pendukung	33
3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan	37
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi	39
3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	41
3.4 Neraca Massa	45
3.4.1 Neraca Massa Total.....	45
3.4.2 Neraca Massa Alat	46
3.5 Neraca Panas	50
BAB IV	54
4.1 Lokasi Pabrik	54
4.1.1 Faktor Primer	55
4.1.2 Faktor Sekunder	57
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	58
4.3 Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	61
4.4 Organisasi Perusahaan	62
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	62
4.4.2 Struktur Organisasi	64
.....	64
4.4.3 Catatan	75
BAB V	84
5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air	84
5.1.1 Unit Penyedia Air	84
5.1.2 Air untuk keperluan umum (Air sanitasi)	88
5.1.3 Unit Pengolahan Air	89
5.2 Unit Pembangkit Steam	97

5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	99
5.3.1 Kebutuhan Listrik	100
5.3.2 Generator.....	101
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	102
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	103
5.6 Unit Pengolahan Limbah	103
5.6.1 Limbah gas dan pengolahannya.....	103
5.6.2 Limbah cair dan pengolahannya	105
BAB VI.....	107
6.1 Penaksiran Harga Alat	108
6.2 Dasar Perhitungan.....	110
6.3 Perhitungan Biaya.....	111
6.3.1 Capital Investment	111
6.3.2 Manufacturing Cost.....	111
6.4 Analisa Kelayakan	112
6.4.1 Return On Investment (ROI).....	112
6.4.2 Pay Out Time (POT).....	113
6.4.3 Break Event Point (BEP)	113
6.4.4 Shut Down Point (SDP).....	113
6.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR).....	114
6.5 Hasil Perhitungan.....	114
6.6 Hasil Analisa Keuntungan	118
6.7 Analisa Resiko Pabrik.....	119
6.8 Hasil Kelayakan Ekonomi	121
6.8.1 Return On Investment	121
6.8.2 Pay Out Time	121
6.8.3 Break Even Point (BEP)	121
6.8.4 Shut Down Point.....	121
6.8.5 Discounted Cash Flow Rate of Return.....	121
BAB VII.....	123
7.1 Kesimpulan	123
7.2 Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	126
LAMPIRAN A.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar impor	3
Tabel 1.2 Perhitungan nilai rata-rata % kebutuhan impor	3
Tabel 1.3 Data estimasi impor akrilonitril.....	4
Tabel 1.4 Daftar pabrik pengguna akrilonitril	5
Tabel 1.5 Kebutuhan akrilonitril di beberapa negara asia.....	6
Tabel 1.6 Perhitungan nilai rata-rata pertumbuhan luar negeri	6
Tabel 1.7 Data estimasi impor akrilonitril di luar negeri.....	7
Tabel 1.8 Daftar pabrik akrilonitril di dunia.....	9
Tabel 1.9 Perbandingan proses pembuatan akrilonitril	12
Tabel 1.10 Harga H_f° dan G_f° masing-masing komponen.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi reaktor	26
Tabel 3.2 Spesifikasi separator-01	29
Tabel 3.3 Spesifikasi absorber-01	30
Tabel 3.4 Spesifikasi Menara distilasi.....	31
Tabel 3.5 Spesifikasi quencher-01	33
Tabel 3.6 Spesifikasi accumulator-01	34
Tabel 3.7 Spesifikasi expander valve	35
Tabel 3.8 Spesifikasi Furnace-01	36
Tabel 3.9 Spesifikasi penyimpanan bahan baku.....	37
Tabel 3.10 Spesifikasi alat penyimpanan produk.....	38
Tabel 3.11 Spesifikasi pompa.....	39
Tabel 3.12 Spesifikasi alat transportasi udara kering	40
Tabel 3.13 Spesifikasi heater-01	41
Tabel 3.14 Spesifikasi condensor parsial-01	42
Tabel 3.15 Spesifikasi Condensor Total-01	43
Tabel 3.16 Spesifikasi reboiler-01.....	44
Tabel 3.17 Neraca massa total input.....	45
Tabel 3.18 Neraca massa total output.....	45
Tabel 3.19 Mixing point bahan baku.....	46
Tabel 3.20 Neraca massa reaktor-01	47

Tabel 3. 21 Neraca massa quencher-01	47
Tabel 3. 22 Neraca massa separator-01	48
Tabel 3. 23 absorber-01	48
Tabel 3. 24 Neraca massa mixing point sebelum menara distilasi-01	49
Tabel 3. 25 Neraca massa Menara distilasi-01	49
Tabel 3. 26 Neraca panas reaktor (R-01)	50
Tabel 3. 27 Furnace (F-01)	50
Tabel 3. 28 Neraca panas heat exchanger (HE-01)	50
Tabel 3. 29 Neraca panas quencher (Q-01)	51
Tabel 3. 30 Neraca panas absorber (ABS-01)	51
Tabel 3. 31 Neraca panas kondensor parsial (CDP-01)	51
Tabel 3. 32 Neraca panas separator (SP-01)	52
Tabel 3. 33 Neraca panas sebelum menara distilasi MD-01	52
Tabel 3. 34 Neraca panas menara distilasi (MD-01)	52
Tabel 4. 1 Rincian penggunaan areal pabrik	60
Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan shift	76
Tabel 4. 3 Penggolongan jabatan dan jumlah karyawan	77
Tabel 4. 4 Daftar Gaji Karyawan	79
Tabel 5. 1 Jumlah kebutuhan air proses	85
Tabel 5. 2 Jumlah kebutuhan air umpan boiler	86
Tabel 5. 3 Jumlah kebutuhan air pendingin	87
Tabel 5. 4 Sifat air sungai Berung	88
Tabel 5. 5 Jumlah kebutuhan air keperluan umum	89
Tabel 5. 6 Daya motor untuk peralatan proses	100
Tabel 5. 7 Daya motor untuk peralatan utilitas	100
Tabel 5. 8 Komposisi limbah gas keluar absorber	103
Tabel 6. 1 Index harga alat	108
Tabel 6. 2 Physical plant cost (PPC)	115
Tabel 6. 3 Direct plant cost	115
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment	115
Tabel 6. 5 Direct manufacturing cost	116
Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost	116
Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost	116
Tabel 6. 8 Manufacturing Cost	117

Tabel 6. 9 Working Capital 117
Tabel 6. 10 General Expense..... 117
Tabel 6. 11 Total Production Cost..... 117
Tabel 6. 12 Fixed Cost 118
Tabel 6. 13 Variable Cost..... 118
Tabel 6. 14 Regulated Cost 118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif.....	22
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif.....	23
Gambar 4. 1 Lokasi pabrik	55
Gambar 4. 2 Layout pabrik skala 1 : 1000	59
Gambar 4. 3 Machines Layout skala 1 : 200	62
Gambar 4. 4 Struktur organisasi	64
Gambar 5. 1 Skema utilitas	91
Gambar 5. 2 Flare	105
Gambar 6. 1 Grafik index harga vs tahun.....	109
Gambar 6. 2 Grafik evaluasi ekonomi.....	122

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Perhitungan Reaktor	129
Lampiran B	<i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD).....	156
Lampiran C	Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik	157

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
P	: Tekanan, atm
μ	: Viskositas, Cp
ρ	: Densitas, kg/m ³
π	: phi
R	: Konstanta gas, cm ³ .atm/gmol.K
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
V	: Volume, m ³
m	: massa, kg
t	: waktu, jam
k	: Konstanta kinetika reaksi, /s
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
x	: Konversi, %
Dt	: Dimensi reaktor, m
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
ts	: Ketebalan dinding, in
th	: Tebal <i>head</i> , in
P	: Power motor, hp
Re	: Bilangan Reynold
E	: Efisiensi sambungan
C	: <i>Corrosion allowance</i>
f	: <i>Allowable stress</i> , psi
icr	: Jari-jari sudut dalam, in

sg	: <i>Specific gravity</i>
U _{mf}	: Kecepatan fluidisasi minimum, m/s
U _t	: Kecepatan terminal, m/s
TDH	: <i>Transport Disengaging Height</i> , m
L _t	: Tinggi zona reaksi, m
UB	: Kecepatan gelembung, m/s
D _f	: Diameter <i>freeboard</i> , m
R _d	: Faktor pengotor
h _i	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
h _o	: <i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
LMTD	: <i>Long mean temperature different</i> °F
N _t	: Jumlah tube
j _H	: <i>Heat transfer factor</i>

ABSTRAK

Akrilonitril merupakan senyawa organik dengan formula C_3H_3N , berbentuk cairan bening tidak berwarna dengan bau yang tajam yang memiliki sifat mudah terbakar dan beracun. Akrilonitril dimanfaatkan sebagai bahan dasar dari berbagai sektor industri, yaitu sebagai bahan kimia antara (intermediate) dalam pembuatan polimer seperti akrilik dan *modacrylic fibers*, termoplastik, karet sintetis, adiponitril, dan juga akrilamida. Produksi akrilonitril ini memiliki prospek yang cukup baik untuk dikembangkan apabila ditinjau dari potensi bahan baku dan pemakaiannya, akan tetapi hingga saat ini belum terdapat pabrik pembuatan akrilonitril di Indonesia, konsumsi akrilonitril hanya mengandalkan impor. Melihat adanya prospek pemasaran dan kemungkinan adanya perkembangan konsumsi akrilonitril, maka diperlukan kajian untuk mengetahui prospek pendirian pabrik akrilonitril melalui pra rancangan pabrik. Pabrik ini direncanakan berdiri di Terate, Serang, Banten dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun yang akan didirikan pada tahun 2027. Proses produksi akrilonitril melalui reaksi amoksidasi *SOHIO process* atau reaksi antara gas ammonia, propilen, dan udara yang berlangsung dalam fasa gas pada reaktor *fluidized bed*. Reaksi terjadi pada suhu $470^{\circ}C$ dan tekanan 2,7 atm dengan bantuan katalis *bismuth molybdenum oxide*. Reaksi ini menghasilkan produk utama berupa akrilonitril dengan kemurnian 90%. Dalam pembuatan akrilonitril membutuhkan propilen sebanyak 38.812,36 Ton/Tahun yang berasal dari PT. Chandra Asri, ammonia sebanyak 18.851,87 Ton/Tahun yang berasal dari PT. Pupuk Kujang, dan udara sebanyak 373.009,56 Ton/Tahun sebagai bahan baku serta asam sulfat sebanyak 15.666,48 Ton/Tahun yang berasal dari PT. Asahimas Subsentra Chemical. Kebutuhan utilitas meliputi air sebanyak 228.541,20 Kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 697,3615 kW yang disupply oleh PLN, 1.416,0259 Kg/jam batu bara sebagai bahan bakar, dan kebutuhan udara tekan $73\ m^3/jam$. Berdasarkan evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa total biaya produksi adalah Rp 3.112.445.373.665,86 dan Rp 3.402.209.000.000 sebagai total penjualan. Pabrik ini tergolong berisiko tinggi dengan Return of Investment (ROI) sebesar 43,99% sebelum pajak, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 1,9 tahun, BEP sebesar 41,75 %, SDP sebesar 28,50%, dan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) sebesar 32%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak secara teknis dan ekonomis untuk dipertimbangkan.

Kata Kunci : *Akrilonitril, amonia, propilen, udara, evaluasi ekonomi*

ABSTRACT

Acrylonitrile is an organic compound with the formula C_3H_3N . It is a highly flammable, toxic, colorless liquid with a sharp odor. Acrylonitrile is widely used as an intermediate in the manufacturing of polymers such as acrylic and modacrylic fibers, thermoplastic, rubber, adiponitrile, and acrylamide. The production of acrylonitrile in Indonesia has good prospects seen from the large market potential. Indonesia is still entirely dependent on imports to meet the needs of acrylonitrile as there is no local production yet. Seeing the high potential market, a large scale of production is needed. This acrylonitrile plant is expected to be built in 2027. The SOHIO process manufacturing acrylonitrile from propylene, ammonia, and air is carried out in a fluidized bed reactor at 2,7 atm and 470 °C with molybdenum oxide as the catalyst. The main product of the reaction is acrylonitrile with a purity of 90%. This plant requires 38.812,36 Ton/Year of propylene, 18.581,87 Ton/Year of ammonia, 373.009,56 Ton/Year of air, and 15.666,48 Ton/Year of sulphuric acid. For utility requirements of the plant, it requires 228.541,20 of water, 697,3615 kW of electricity, 1.416,0259 kg/hr of coal as the fuel, and 73 m³/hr of compressed air. The economic evaluation shows that the total production cost is IDR 3.112.445.373.665,86 and 3.402.209.000.000 as the total sales. This plant is classified as high-risk with the Return of Investment (ROI) at 43,99% before tax, Pay Out Time (POT) before tax 1,9 years, BEP at 41,75%, SDP at 28,50%, and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) at 32%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that this plant is technically and economically feasible to be considered.

Keywords : *Acrylonitrile, ammonia, propylene, air, economic evaluation*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang disertai dengan kemajuan sektor industri menuntut dunia kearah industrialisasi. Sektor industri merupakan faktor utama yang berperan penting sebagai tulang punggung bagi perekonomian nasional. Hingga saat ini, jumlah pembangunan industri di tanah air terus mengalami peningkatan terutama industri kimia. Namun, tidak sedikit bahan baku dan produk kimia yang masih bergantung pada impor. Salah satu contoh produk kimia yang masih impor adalah akrilonitril yang berperan penting sebagai bahan baku maupun bahan penunjang pada proses industri. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan terhadap produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satu caranya adalah dengan pendirian pabrik akrilonitril di Indonesia.

Akrilonitril (C_3H_3N) yang sering juga disebut dengan asam nitril akrilik, propilen nitril, vinil sianida, dan asam nitril propanoat, merupakan senyawa kimia tak jenuh berikatan rangkap karbon-karbon yang berkonjugasi dengan golongan nitril (Kirk & Othmer, 1991). Akrilonitril merupakan cairan bening tidak berwarna dengan bau yang tajam yang memiliki sifat mudah terbakar dan beracun. Akrilonitril sering dimanfaatkan sebagai bahan dasar dari berbagai sektor industri, yaitu

sebagai bahan kimia antara (intermediate) dalam pembuatan polimer seperti akrilik dan *modacrylic fibers*, termoplastik (akrilonitril, butadiena, stiren, polimer stiren akrilonitril), karet sintetis, adiponitril, dan juga akrilamida (Akshay Grover dkk, 2012).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) hingga saat ini akrilonitril masih diimpor dari berbagai negara seperti Amerika dan Thailand karena belum ada pabrik yang memproduksi akrilonitril. Dengan didirikannya pabrik akrilonitril di Indonesia, maka kebutuhan impor dapat dikurangi. Jika kapasitas produksi melebihi kebutuhan akrilonitril di Indonesia, maka dapat menjadi produk ekspor ke berbagai negara yang masih membutuhkan impor akrilonitril seperti Korea, Malaysia, dan Jepang. Oleh karena itu, pabrik akrilonitril perlu didirikan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Menghemat devisa negara, dengan adanya pabrik akrilonitril di Indonesia, maka impor dapat dikurangi.
2. Penambahan devisa negara dengan mengekspor sebagian hasil produksi akrilonitril ke luar negeri.
3. Perluasan lapangan kerja pada penduduk sekitar wilayah industri yang akan didirikan.
4. Mendukung berkembangnya industri kimia yang menggunakan akrilonitril sebagai bahan baku.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik akrilonitril berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1.2.1 Kebutuhan Akrilonitril Dalam Negeri

Kebutuhan impor akrilonitril di Indonesia mengalami penurunan beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2017-2021, jumlah impor akrilonitril adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Daftar impor

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	5.764,59
2018	5.218,89
2019	5.180,22
2020	4.153,52
2021	2.933,52

(Sumber: [Badan Pusat Statistik \(bps.go.id, 2022\)](https://bps.go.id))

Dengan metode nilai rata-rata pertumbuhan:

$$\% \text{ Pertumbuhan} = \frac{(\text{Impor Tahun } n - \text{Impor Tahun } n-1)}{\text{Impor Tahun } n-1} \times 100 \quad (1.1)$$

Tabel 1.2 Perhitungan nilai rata-rata % kebutuhan impor

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	% Pertumbuhan
2017	5.764,59	
2018	5.218,89	-9,4664
2019	5.180,22	-0,7411

Sambungan Tabel 1.2

2020	4.153,52	-19,8195
2021	2.933,52	-29,3728
Rata-rata		-14,8499

Diperoleh nilai rata-rata pertumbuhan sebesar -14,8499% per tahun. Dengan nilai tersebut, maka diperkirakan bahwa estimasi impor pada tahun 2022-2027 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.3 Data estimasi impor akrilonitril

Tahun	Estimasi impor (Ton/Tahun)
2022	2.497,89
2023	2.126,96
2024	1.811,11
2025	1.542,16
2026	1.313,15
2027	1.118,15

Dengan perolehan persentase pertumbuhan, maka pada tahun 2027 dapat diperkirakan kebutuhan akrilonitril di Indonesia sebesar 1.118,15 Ton/Tahun.

1.2.2 Konsumsi Akrilonitril Dalam Negeri

Nilai konsumsi akrilonitril di Indonesia dapat diketahui dari beberapa industri yang menggunakan akrilonitril sebagai bahan baku. Persentase kebutuhan akrilonitril pada masing-masing produk diperoleh dari data *United State Environmental Protection Agency* (2022), dimana kebutuhan akrilonitril

untuk PVC resin adalah 2,9% dan kebutuhan akrilonitril untuk pembuatan ABS Resin/SAN adalah 17,1%. Beberapa industri yang menggunakan akrilonitril sebagai bahan baku adalah sebagai berikut:

Tabel 1.4 Daftar pabrik pengguna akrilonitril

Pabrik	Produk	Kapasitas (Ton/Tahun)	Kebutuhan Akrilonitril (Ton/Tahun)
PT. Asahimas Subentra Chemical	PVC Resin	320.000	9.280
Lotte Chemical Titan Nusantara	PVC Resin	450.000	13.050
Dow Chemical Indonesia	SAN	60.000	10.260
PT. Satomo Indovyl Polymer	PVC Resin	70.000	2.030
Total		900.000	34.620

(Sumber: List of Companies, 2022)

Dengan data-data diatas, didapatkan jumlah konsumsi akrilonitril di Indonesia sebesar 34.620 Ton/Tahun.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi keberlangsungan suatu pabrik sehingga ketersediaan bahan baku sangat diperhatikan. Bahan baku utama yang digunakan adalah propilen, amonia, dan udara dengan jumlah masing-masing bahan baku yang dibutuhkan adalah sebesar 38.812,36 ton/tahun, 18.851,87 ton/tahun, dan 29.0356 ton/tahun. Bahan baku propilen yang diperlukan dalam proses pembuatan akrilonitril diperoleh dari PT. Chandra Asri yang berada di Cilegon dengan kapasitas produksi 473.000 ton/tahun dan PT. Pertamina balongan dengan kapasitas 179.000 ton/tahun. Bahan baku ammonia diperoleh dari PT. Pupuk Kujang yang berada di Cikampek dengan kapasitas

330.000 ton/tahun, serta dapat juga diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 825.000 ton/tahun. Dari data ketersediaan bahan baku tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan bahan baku pabrik akrilonitril dapat terpenuhi.

1.2.4 Kebutuhan Luar Negeri

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik akrilonitril yang akan didirikan ini juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akrilonitril luar negeri. Berdasarkan data yang diperoleh, kebutuhan impor di beberapa negara adalah sebagai berikut:

Tabel 1.5 Kebutuhan akrilonitril di beberapa negara asia

Negara	Kebutuhan impor akrilonitril (Ton/Tahun)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Korea	2.991	3.836	4.164	3.476	3.735
Malaysia	10.632	17.362	22.476	47.388	25.681
Jepang	19.005	18.290	10.560	18.502	8.847
Total	32.628	39.488	37.200	69.366	38.263

(Sumber: List of Companies, 2022)

Dengan metode nilai rata-rata pertumbuhan:

$$\%Pertumbuhan = \frac{(Impor\ Tahun\ n - Impor\ Tahun\ n-1)}{Impor\ Tahun\ n-1} \times 100 \quad (1.2)$$

Tabel 1.6 Perhitungan nilai rata-rata pertumbuhan luar negeri

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	% Pertumbuhan
2017	5.764,59	

Sambungan Tabel 1.6

2018	5.218,89	21,0249
2019	5.180,22	-7,7942
2020	4.153,52	86,4677
2021	2.933,52	-44,8390
Rata-rata		14,2149

Diperoleh nilai rata-rata pertumbuhan sebesar 14,2149% per tahun. Maka dapat diperkirakan kebutuhan akrilonitril di beberapa negara tersebut diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 1.7 Data estimasi impor akrilonitril di luar negeri

Tahun	Estimasi Kebutuhan di Luar Negeri (Ton/Tahun)
2022	43.702,04
2023	49.914,23
2024	57.009,47
2025	65.113,29
2026	74.369,07
2027	84.940,53

Berdasarkan hasil persentase pertumbuhan, maka pada tahun 2027 dapat diperkirakan kebutuhan akrilonitril di Luar Negeri sebesar 84.940,53 Ton/Tahun.

1.2.5 Peluang Kapasitas Produksi

Dalam menentukan kapasitas produksi perlu memperhatikan beberapa aspek yaitu Supply dan Demand.

a. Supply

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

$$\text{Supply} = 0 + 1.118,15 \text{ Ton/Tahun}$$

$$\text{Supply} = 1.118,15 \text{ Ton/Tahun}$$

b. Demand

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

$$\text{Demand} = 34.620 \text{ Ton/Tahun} + 0$$

$$\text{Demand} = 34.620 \text{ Ton/Tahun}$$

c. Peluang kapasitas pabrik = Demand – Supply

$$\text{Peluang kapasitas pabrik} = 34.620 \text{ Ton/Tahun} - 1.118,15 \text{ Ton/Tahun}$$

$$\text{Peluang kapasitas pabrik} = 33.501,85 \text{ Ton/Tahun}$$

1.2.6 Kapasitas Rancangan Minimum

Dari beberapa sumber yang digunakan, diperoleh data bahwa kapasitas minimum yang masih dapat memberikan keuntungan apabila mendirikan pabrik akrilonitril adalah sebesar 28.000 Ton/Tahun. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan.

Tabel 1.8 Daftar pabrik akrilonitril di dunia

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Lukoil Neftochim	28.000
Pemex Petrochemical	66.000
Qilu Petrochemical	80.000
INEOS	190.000
Asahi Kasei	200.000
Acrilonitila do Nordeste	90.000
Anqing Petrochemical	210.000
Tongsuh Petrochemical	265.000
Petkim	90.000
Petro China Lanzhou	35.000

(Sumber: List of Companies, 2022)

Dari data tersebut diatas, maka ditetapkan kapasitas prarancangan pabrik akrilonitril yang akan didirikan pada tahun 2027 sebesar 40.000 Ton/Tahun dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Kapasitas produksi minimal pabrik akrilonitril di dunia sebesar 28.000 Ton/Tahun.
- b. Peluang kapasitas produksi akrilonitril 33.501,85 Ton/Tahun.
- c. Dapat memenuhi kebutuhan akrilonitril dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor akrilonitril.
- d. Apabila kebutuhan akrilonitril dalam negeri sudah terpenuhi, maka sisa produk dapat di ekspor.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Proses produksi akrilonitril berdasarkan bahan baku

1. Acetylene dan Hydrogen Cyanide

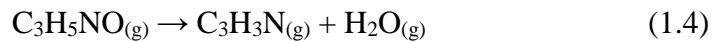
Pada proses ini reaksi akan terjadi ketika dilakukan penambahan asam sianida ke dalam reaktor yang telah berisi asetilen dengan katalis *Cuprous Chloride* (CuCl_2). Reaksi berlangsung pada suhu $80\text{-}90^\circ\text{C}$ dan tekanan atmosferis dalam fase cair maupun gas dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Dari proses ini diperoleh konversi sebesar 85,2% dan total yield sekitar 80% mol umpan acetylene dan 90% - 95% mol umpan *hydrogen cyanide* yang digunakan. Terdapat berbagai macam produk samping yang dihasilkan seperti *acetaldehyde*, *lactronitrile*, *vinyl acetylene*, *divinyl acetylene*, *cyano butadiene*, *vinyl chloride*, dan *chloroprene* yang nantinya gas-gas ini akan dikontakkan terlebih dahulu dengan air sebelum di *recycle* ke reaktor. Sedangkan air yang masih mengandung akrilonitril akan memasuki proses distilasi untuk menghasilkan akrilonitril 80% (Faith & Keyes, 1957).

2. Dehidrasi Ethylene Cyanohydrin

Ethylene Cyanohydrin merupakan bahan baku yang pertama kali digunakan dalam memproduksi akrilonitril. Pada proses ini digunakan reaktor jenis *fixed bed multitube*. Reaksi dehidrasi *Ethylene Cyanohydrin* berlangsung dalam fase cair atau gas dengan kondisi tekanan atmosferis dan temperatur antara $250\text{-}350^\circ\text{C}$ menggunakan bantuan katalis padat alumina (Al_2O_3) dengan reaksi sebagai berikut:

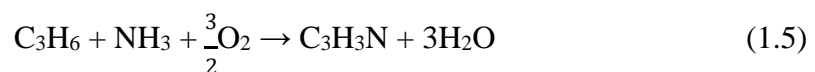


Hasil keluaran reaktor dikondensasikan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke *decanter* untuk memisahkan campuran cairan yang mengandung *ethylene cyanohydine*, akrilonitril, dan air terpisah menjadi dua layer kemudian kedua layer tersebut dimurnikan di menara distilasi untuk memperoleh akrilonitril dengan kemurnian 99% sebagai hasil atas yang kemudian disimpan di penyimpanan. Sedangkan hasil bawah yang berupa *ethylene cyanohydrin* dengan kemurnian 97% akan diproses kembali (Faith Keyes, 1957).

Keuntungan dari proses ini adalah menghasilkan jumlah pengotor yang sedikit namun kurang efisien dari segi ekonomi.

3. *Propylene Ammoxidation*

Proses amoksidasi ini melibatkan bahan baku berupa propilen, amoniak, dan oksigen dengan bantuan katalis *bismuth molybdenum*. Reaksi terjadi pada reaktor dengan kondisi suhu 400-500°C dan tekanan 5-30 psig. Persamaan reaksi utama yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Proses ini menghasilkan beberapa reaksi samping yaitu:



(Kirk dan Othmer, 1991)

1.3.2 Pemilihan Proses Produksi Akrilonitril

Berikut merupakan perbandingan proses pembuatan akrilonitril:

Tabel 1.9 Perbandingan proses pembuatan akrilonitril

Parameter	<i>Acetylene</i> dan <i>Hydrogen Cyanide</i>	Dehidrasi <i>Ethylene</i> <i>Cyanohydrin</i>	<i>Propylene</i> <i>Ammoxidation</i>
Kondisi Operasi	T = 70-100°C P = 2-5 atm	T = 250-350°C P = atmosferis	T = 400-500°C P = 5-30 psig
Yield	80%	80%	90%
Proses Pemurnian	Sederhana	Produk samping yang dihasilkan hanya satu sehingga tidak begitu rumit	Terdapat beberapa produk samping
Katalis	Larutan CuCl anhidrat	Alumina	<i>Bismuth</i> <i>Molybdenum</i>
Fase Reaksi	Gas dan katalis cair	Gas dan katalis padat	Gas dan katalis padat
Produk Samping	Tidak ada	H ₂ O	C ₂ H ₃ N, HCN, CO ₂
Bahan Baku	Asetilen dapat ditemukan di Indonesia sedangkan asam sianida perlu impor dari luar negeri	<i>Ethylene cyanohydrin</i> perlu impor dari luar negeri	Propilen dan amonia mudah ditemukan di Indonesia

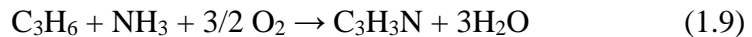
Berdasarkan beberapa jenis proses pembuatan akrilonitril, dipilih proses pembuatan akrilonitril dengan metode Amoksidasi propilen dengan bantuan katalis berupa *Bismuth Molybdenum*, dengan beberapa pertimbangan:

1. Bahan baku sudah tersedia di Indonesia sehingga kontinuitas dapat terjaga.
2. Bahan baki yang digunakan mudah ditemukan di pasar lokal.
3. Akrilonitril yang dihasilkan memiliki kemurnian cukup tinggi.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Kinetika

Berikut merupakan nilai kinetika reaksi pada pembuatan akrilonitril dengan reaksi kimia yang terjadi dalam pembentukan akrilonitril adalah (Hopper, 1993).



Persamaan kecepatan reaksi pembentukan akrilonitril dapat dirumuskan sebagai berikut (Hopper, 1993):

$$(-r_1) = k_1 C_{\text{C}_3\text{H}_6} \quad (1.10)$$

Nilai k_1 untuk reaksi pembentukan akrilonitril didapatkan dari (Hopper, 1993) yaitu sebesar $0,40556 \text{ sec}^{-1}$.

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (reversible /irreversible). Untuk menentukan reaksi eksotermis/endotermis panas reaksi dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (H_f°) pada Tekanan 1 atm dan Suhu 25°C . Nilai H_f° dan G_f° masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 10 Harga H_f° dan G_f° masing-masing komponen

Komponen	H_f° , kJ/mol	G_f° , KJ/mol
C_3H_6	20,42	62,72
NH_3	-45,9	-16,4
O_2	0	0
$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$	184,93	195,31
H_2O	-241,8	-228,6

(Sumber: Yaws, 1999)

Perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{298K}^{\circ} &= \Delta H_F^{\circ} \text{ Produk} - \Delta H_F^{\circ} \text{ Reaktan} & (1.11) \\
 &= (1 \times \Delta H_F^{\circ} + 3 \times \Delta H_F^{\circ} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_F^{\circ} \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta H_F^{\circ} \text{ NH}_3 + 0,5 \times \\
 &\quad \Delta H_F^{\circ} \text{ O}_2) \\
 &= -514,99 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai entalpi reaksi (ΔH_r) pada temperature 470°C digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H_r = \Delta H_{298K} + R \int_{T_0}^T C_p dT \quad (\text{J. smith} - \text{Van Ness}) \quad (1.12)$$

Dengan:

$$R = 8,3145 \text{ J/mol.K}$$

$$T_0 = 25^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

$$T = 470^{\circ}\text{C} \text{ (743 K)}$$

$$r = \frac{T}{T_0} = 2,4932$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r &= \Delta H_{298K} \times R \times r \\
 &= (-514,99 \text{ kJ/mol}) \times 8,3145 \text{ J/mol.K} \times 2,4932 \\
 &= -10.675,3314 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Karena ΔH_r° bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

Untuk mencari nilai entalpi reaksi Gibbs (ΔG_{298K}) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ} &= \Delta G_F^{\circ} \text{ Produk} - \Delta G_F^{\circ} \text{ Reaktan} & (1.13) \\
 &= (1 \times \Delta G_F^{\circ} + 3 \times \Delta G_F^{\circ} \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G_F^{\circ} \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta G_F^{\circ} \text{ NH}_3 + 0,5 \times \\
 &\quad \Delta G_F^{\circ} \text{ O}_2)
 \end{aligned}$$

$$= -536,81 \text{ kJ/mol}$$

Untuk mencari nilai entalpi reaksi Gibbs (ΔG_{298K}) pada temperatur 470°C digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G_r = \left(-\frac{\Delta H_r^{298}}{R} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right] \right) RT - \frac{G_r^{298}}{RT} \quad (\text{R. Smith}) \quad (1.14)$$

Dengan:

$$R = 8,3145 \text{ J/mol.K}$$

$$T_o = 25^\circ\text{C} \text{ (298 K)}$$

$$T = 470^\circ\text{C} \text{ (743 K)}$$

$$\Delta G_r = -15.941,26368 \text{ kJ/mol}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh nilai energi bebas Gibbs reaksi (ΔG_r) pada kondisi temperatur 470°C sebesar -15.941,26368 kJ/mol. Nilai tersebut bernilai negatif, menunjukkan bahwa reaksi pada proses ini berlangsung secara spontan dan tidak membutuhkan energi dalam proses pereaksiannya.

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ_{743K}}{RT} \quad (1.15)$$

$$\ln K = \frac{-15.941,26368 \text{ kJ/mol}}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \times 743 \text{ K}}$$

$$K = 13,205$$

Karena konstanta kesetimbangan (K_{743k}), maka reaksi berlangsung searah kearah kanan (irreversible).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Akrilonitril (C₃H₃N)

Sifat Fisis Akrilonitril (*Material Safety Data Sheet, 2022*)

Berat Molekul : 53,06 gram/mol

Titik didih (1 atm) : 77,3°C

Titik beku (1 atm) : -83,5°C

Warna : tidak berwarna

Bau : menyengat

Wujud : cair

Tekanan uap (26,3°C) : 0,131 atm

Densitas : 0,806 g/cm³

Viskositas (25°C) : 0,34 mPas

Konsentrasi : 99,4%

Impurities : H₂O (0,6 %)

Sifat Kimia Akrilonitril

- a. Uap dapat membentuk campuran mudah meledak dengan udara.
- b. Produk ini stabil secara kimiawi di bawah kondisi ruangan (suhu kamar).

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Propilen (C₃H₆)

Sifat Fisis Propilen (*Material Safety Data Sheet, 2022*)

Berat Molekul	: 42,08 gram/gmol
Densitas, 20°C	: 1,184 kg/m ³
Titik didih (1 atm)	: -48°C
Titik beku	: -185°C
Viskositas	: 8,34 mPas
Tekanan Uap	: 5,76°C
Tekanan Kritis	: 4 atm
Suhu Kritis	: 91,4°C
Volume Kritis	: 181,10 m ³ /gmol
Konsentrasi	: 99,4 %
Impurities	: C ₃ H ₈ (0,6 %)

Sifat Kimia Propilen

- Proses oksidasi propilen dengan menggunakan katalis PdCl₂.
- Amoksidasi propilen terjadi akibat adanya reaksi ammonia dan udara pada tekanan antara 5 – 30 psig dan kisaran temperature 300°C – 500°C dengan bantuan katalis *bismuth molybdenum*.
- Hidrasi propilen dengan katalis H₂SO₄ akan menghasilkan reaksi Isopropil Alkohol.

2.2.2 Amonia (NH₃)

Sifat Fisis Amoniak (*Material Safety Data Sheet, 2022*)

Berat Molekul	: 17,03 gram/gmol
Titik didih (1 atm)	: -33,4°C
Titik beku (1 atm)	: -77,7°C

Densitas kritis	: 0,639 gram/ml
Tekanan kritis	: 111,3 atm
Suhu kritis	: -140,4°C
Volume kritis	: 72,5 m ³ /gmol
Konsentrasi	: 99,5 %
<i>Impurities</i>	: H ₂ O (0,5 %)

Sifat Kimia Amoniak (Kirk dan Othmer, 1991)

- a. Amoniak dapat membentuk senyawa dengan garam.
- b. Dapat menyebabkan inisiasi suatu elektrolit.

2.2.3 Udara (O₂)

Sifat Fisis Udara (*Material Safety Data Sheet, 2022*)

Berat Molekul	: 32 kg/kmol
Tekanan uap (1 atm)	: -198,8 mmHg
Wujud	: gas
Densitas (154,58 K)	: 13,605 kmol/m ³
Titik didih	: -183°C
Titik lebur	: -218,4°C
Viskositas (250 K)	: 0,179 x 10 ⁻⁴ Pa.s
Konsentrasi	: 21 % mol
<i>Impurities</i>	: N ₂ (78 %) mol

Sifat Kimia Air (Kirk dan Othmer, 1991)

- a. Kelembapan udaran dapat berubah sesuai dengan suhu disekitarnya.

2.3 Pengendalian Kualitas

Dalam menjaga kualitas produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka harus dilakukan pengendalian kualitas mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian kualitas atau pengendalian mutu merupakan kegiatan terpadu mulai dari pengendalian standar mutu bahan, standar proses pengolahan bahan dan produk.

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik akrilonitril terdiri atas pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk yang dihasilkan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku ini perlu dilakukan untuk memastikan proses berlangsung pada kondisi yang optimal dan menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Sebelum proses produksi dilakukan, bahan baku utama serta bahan-bahan pembantu perlu dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk memastikan agar setiap proses dapat berjalan dengan baik sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas. Kegiatan ini dilakukan dari mulai bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya operasi berpusat di *control room* secara otomatis sesuai dengan indikator. Jika terjadi penyimpangan pada indikator baik itu terkait *flow rate* bahan atau produk, *level control* ataupun *temperature control* dapat diketahui dari sinyal yang diberikan berupa nyala

lampu, bunyi alarm, dan lain-lain.

Pengawasan yang dilakukan berupa pengontrolan terhadap kondisi operasi alat. Beberapa alat control yang digunakan adalah:

a. *Level Control*

Level control adalah alat yang dipasang pada bagian atas tangki yang berfungsi sebagai pengendali volume cairan tangki dengan menggunakan *control valve* dalam mengatur *rate* cairan masuk atau keluar proses agar diperoleh kondisi operasi yang diinginkan.

b. *Level Indicator*

Level indicator digunakan untuk mengontrol ketinggian cairan pada tangga alat proses.

c. *Pressure Control*

Pressure Control digunakan sebagai pengendali tekanan dalam alat yang membutuhkan tekanan diatas tekanan atmosfer.

d. *Temperature Control*

Temperature control berfungsi sebagai pengendali suhu dengan cara mengatur batas nilai suhu dalam alat proses sesuai dengan yang diinginkan, jika terjadi ketidaksesuaian maka sensor akan menyala.

e. *Flow Control*

Flow Control merupakan alat yang dipasang pada bagian aliran masuk bahan baku, aliran masuk proses, dan aliran keluar proses.

f. *Ratio Controller*

Ratio controller berfungsi sebagai pengendali rasio yang memasuki menara

distilasi. Mengatur antara kecepatan aliran rasio refluks menara distilasi dengan kecepatan aliran fluida menuju tangki penyimpanan produk.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

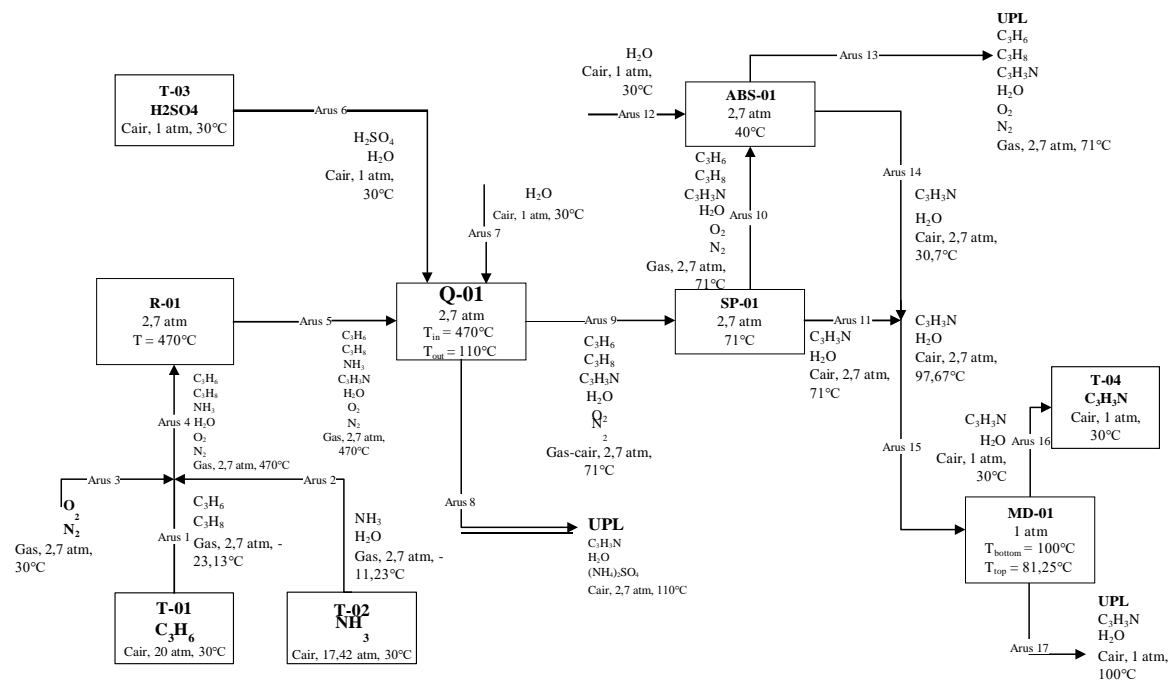
Pengendalian kualitas produk yang dihasilkan sangat diperlukan untuk menjaga mutu pabrik dan sesuai dengan standar. Kualitas produk harus sesuai dengan standar agar sesuai dengan ekspektasi konsumen dan dapat membangun citra perusahaan. Pengendalian kualitas produk ini dilakukan dengan harapan dapat mengontrol produk yang keluar sesuai dengan yang diinginkan dalam proses pembuatan akrilonitril. Upaya yang dapat dilakukan untuk memperoleh produk yang berkualitas yaitu dengan cara menjaga mutu dari bahan baku yang digunakan, pengawasan yang baik serta pengendalian terhadap proses melalui sistem control.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

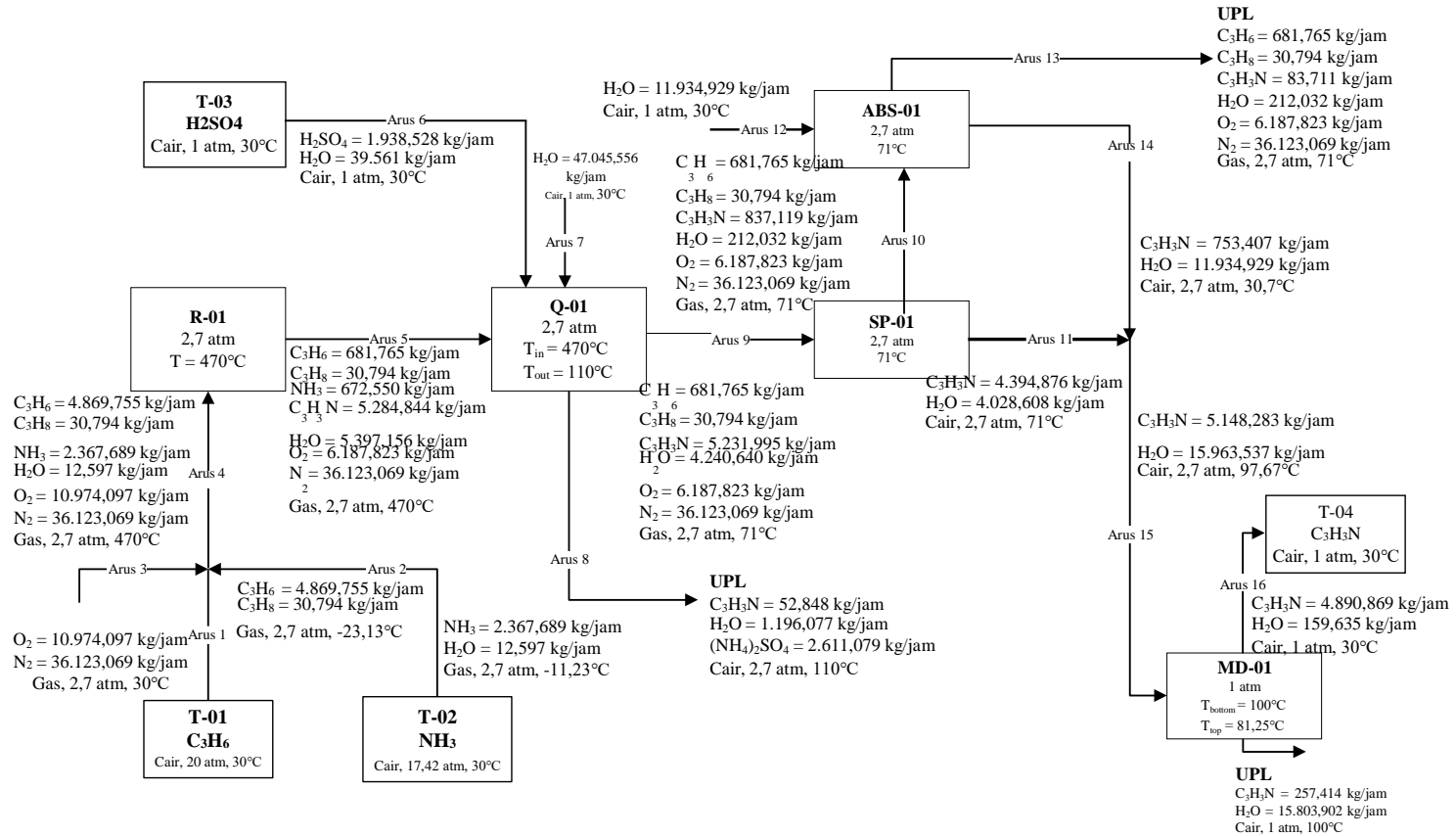
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah propilen, amonia, dan udara. Bahan baku propilen diperoleh dari PT. Chandra Asri dengan komposisi propilen 99,4% dan impuritas berupa propana 0,6% disimpan dalam kondisi cair pada tekanan 20 atm dan suhu 30°C dalam tangki T-01. Selanjutnya bahan baku propilen diturunkan tekanannya menggunakan *expander valve* EV-01 dari 20 atm menjadi 2,7 atm dengan suhu -23,13°C.

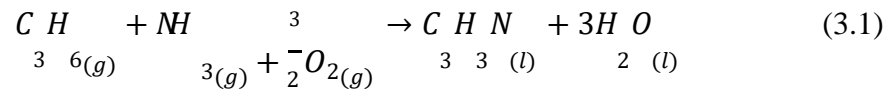
Bahan baku amonia diperoleh dari PT. Pupuk Kujang dengan komposisi amonia 99,5% dan impuritas berupa H₂O 0,5% disimpan dalam fase cair di tangki penyimpanan T-02 dengan kondisi suhu 30 °C dan tekanan 17,42 atm. Selanjutnya bahan baku amonia diturunkan menggunakan *expander valve* EV-02 dari 17,42 atm menjadi 2,7 atm dengan suhu -11,23°C.

Bahan baku berupa udara diperoleh langsung dari lingkungan dengan komposisi oksigen 21% dan nitrogen 79% disimpan dalam kondisi gas pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Udara ditekan menggunakan kompresor COMP-01 hingga 2,7 atm. Bahan baku propilen, amonia, dan udara kemudian dialirkan menuju *furnace* F-01 untuk dilakukan pemanasan hingga suhu 470 °C sebelum diumpankan ke *fluidized bed reactor* (R-01).

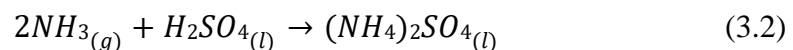
b. Tahap Pembentukan Akrilonitril

Bahan baku berupa gas diumpankan kedalam reaktor R-01 yang telah berisi katalis padat *bismuth molybdenum oxide* dengan temperatur masuk 470°C dan tekanan 2,7 atm. Bahan baku dimasukkan melalui bagian bawah

reaktor sehingga katalis dalam reaktor dapat terfluidisasi. Perbandingan bahan baku propilen, amonia, dan oksigen yang masuk ke dalam reaktor adalah 1:1,2:14. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah:



Reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis dengan suhu keluar reaktor 470°C, sehingga perlu menggunakan pendingin untuk menjaga suhu tetap. Hasil keluaran reaktor kemudian diturunkan suhunya menjadi 71°C dengan dua tahap pendinginan. Pendinginan pertama menggunakan *quencher* Q-01 sebagai pendinginan secara cepat dengan media pendingin air hingga suhu 110 °C untuk menghindari terbentuknya reaksi samping. Selain itu, sisa amonia dinetralkan menggunakan asam sulfat 98% yang disemprotkan dari atas *quencher* Q-01 untuk menghindari terjadinya polimerisasi akrilonitril. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis. Reaksi yang terjadi adalah:



Larutan amonium sulfat, sisa akrilonitril, dan sisa air keluar dari bagian bawah *quencher* Q-01 dialirkan ke unit pengolahan lanjut. Sedangkan gas bebas amonia dikeluarkan melalui atas *quencher* Q-01. Pendinginan kedua dilakukan menggunakan kondensor parsial CDP-01 hingga suhu 71 °C.

c. Tahap Pemisahan

Selanjutnya fasa cair dan uap keluaran kondensor parsial CDP-01 dipisahkan dalam *separator drum* SP-01. Fasa gas keluaran separator diumpankan ke dalam absorber ABS-01 sedangkan fasa cair diumpankan ke dalam menara distilasi. Fasa gas dikontakkan dengan air (absorben) dengan

temperatur 30°C yang diumpankan secara *countercurrent* sehingga akrilonitril dapat diperoleh sebagai hasil bawah absorber. Hasil atas absorber berupa *vent gas* dengan komposisi nitrogen, sisa propilen, propana, akrilonitril, air, dan oksigen dialirkan menuju *flare*.

Fasa cair hasil bawah absorber ABS-01 dan *separator drum* SP-01 kemudian diumpankan ke menara distilasi MD-01 untuk dilakukan pemisahan air dan akrilonitril. Akrilonitril dengan kemurnian 90% diambil sebagai produk atas menara distilasi MD-01. Produk akrilonitril kemudian didinginkan dalam kodensor total CDT-01 dan disimpan dalam tangki penyimpanan produk T-04 dengan tekanan 1 atm dan suhu 30°C.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi reaktor

Spesifikasi Umum	
Kode	R-01
Fungsi :	Tempat bereaksi antara propilen, ammonia, dan udara membentuk produk akrilonitril
Jenis/Tipe	<i>Fluidized bed reactor</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1
Harga, Rp	\$680.847,24
Kondisi Operasi	

Sambungan Tabel 3.1

Suhu, °C	470
Tekanan, atm	2,7
Kondisi Proses	Eksotermis
Konstruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	Konstruksi <i>Plate Low-alloy Steels</i> SA-301 <i>Grade A</i>
Diameter (ID) <i>shell</i> , m	
Diameter freeboard, m	5,017
Diameter zona reaksi, m	5,001
Tebal <i>shell</i> , in	0,625
Tinggi total, m	14,427
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Flanged and Dished</i> <i>Head</i>
Pendingin	
Bahan	Air
Suhu air masuk, °C	30
Suhu air keluar, °C	50
Spesifikasi Khusus	
Jenis katalis	<i>Bismuth Molybdenum Oxide</i>
Bentuk katalis	<i>Powder</i>
Ukuran katalis, mm	0,5

Sambungan Tabel 3.1

Kecepatan fluidisasi minimum, m/s	0,354
Kecepatan terminal, m/s	376,546
Laju sirkulasi katalis, kg/jam	117.521,853
Transport disengaging height, m	7,151
Diameter bubble, m	0,3335
Tinggi zona reaksi, m	4,806
Volume reaktor, m ³	235,408
Spesifikasi Cyclone	
Fungsi:	Memisahkan padatan katalis dari sisa gas dan produk akrilonitril
Diameter, m	0.1668
Tinggi, m	0.667
Efisiensi, %	100%
<i>Friction Factor</i>	0,005
<i>Pressure Drop</i> , atm	0.006

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

3.3.2.1 Separator SP-01

Tabel 3. 2 Spesifikasi separator-01

Nama dan kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan campuran fasa gas dan cair keluaran quencher
Jenis	Silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>Torispherical Dished Head</i>
Material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi operasi	
Suhu, °C	71
Tekanan, atm	2,7
Spesifikasi Alat	
<i>Shell</i>	
Panjang, m	6.5157
Tebal, in	1,1250
Diameter luar, m	1,8811
<i>Head</i>	
Panjang, m	0,3886
Tebal, in	1,1250
Jumlah	1
Harga	\$41,946.79

3.3.2.2 Absorber-01

Tabel 3. 3 Spesifikasi absorber-01

Nama dan kode	ABS-01
Fungsi	Menyerap fluida gas keluaran separator-01
Jenis	<i>Packed column</i>
Material	<i>Carbon Stell 212 Grade B</i>
Kondisi operasi	
Tekanan operasi, atm	2,7
Tekanan desain, atm	2,76
Suhu, °C	71
Spesifikasi	
<i>Shell</i>	
Diameter dalam, m	2,4834
Tinggi, m	14,0669
Tebal, in	0,3125
<i>Head</i>	
Jenis	<i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal, in	0,4375
Tinggi, m	0,4886
Untuk Menara dengan bahan isian/packing	
Jenis <i>packing</i>	<i>Rachig rings</i>
Bahan konstruksi <i>packing</i>	<i>Rachig rings metal 1 in</i>
Susunan <i>packing</i>	<i>Regular packing</i>

Sambungan Tabel 3.3

Susunan <i>packing</i>	<i>Regular packing</i>
Diameter <i>packing</i> , m	0,025
Absorben/ <i>stripping agen</i>	Air
Jumlah	1
Harga	\$77.544,57

3.3.2.3 Menara Distilasi-01**Tabel 3. 4** Spesifikasi Menara distilasi

Nama dan kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan C_3H_8N dan H_2O berdasarkan titik didih
Jenis	<i>Plate Tower</i>
Tipe	<i>Sieve Tray Column</i>
Material	<i>Carbon Steel Grade SA-283 C</i>
Kondisi Operasi (Suhu, °C)	
Umpan	97,67
Distilat	81,25
<i>Bottom</i>	100
Spesifikasi Alat	
<i>Shell</i>	
Diameter dalam	4,3255
Tebal, in	0,3125

Sambungan Tabel 3.4

Tinggi	11,7848
Material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<i>Head</i>	
Jenis	<i>Torispherical Flanged and Dishead</i>
Tebal, in	0,4375
Material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<i>Tray</i>	
Jenis tray	<i>Sieve Tray</i>
<i>Feed plate</i>	15
Jumlah <i>plate</i> aktual	27
Susunan <i>hole</i>	<i>Triangular</i>
Diameter <i>hole</i> , m	0,005
<i>Tray spacing</i> , m	0,45
Jumlah lubang	17.063,50
Jumlah	1
Harga	\$79.304,88

3.3.3 Spesifikasi Alat Pendukung

3.3.3.1 Quencher-01

Tabel 3. 5 Spesifikasi quencher-01

Nama dan kode	Q-01
Fungsi	Mendinginkan secara mendadak gas reaksi keluaran dari reaktor dan mengurangi terjadinya reaksi samping menggunakan asam sulfat sehingga diperoleh hasil yang diinginkan.
Material	<i>Seamless Low-alloy Steel SA-213 T9 9 Cr-1M0</i>
Tipe alat	<i>Spray Tower</i>
Kondisi Operasi	
Suhu masuk, °C	470
Suhu keluaran atas, °C	110
Suhu keluaran bawah, °C	110
Tekanan, atm	2,7
Jumlah	1
Spesifikasi Alat	
Ukuran Menara	
Diameter Menara, m	2,1692
Tinggi Menara, m	3,7160
Harga	\$1.857.054,50

3.3.3.2 Accumulator-01

Tabel 3. 6 Spesifikasi accumulator-01

Nama dan kode	ACC-01
Fungsi	Menampung keluaran dari condenser pada Menara distilasi, untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar.
Tipe	Silinder horizontal
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	79,43
Tekanan, atm	1
Jumlah	1
Spesifikasi Alat	
Volume tangki, ft ³	2.050,53
Diameter tangki, m	2,257
Panjang tangki, m	13,54
Tebal <i>shell</i> , in	0,25
Tebal <i>head</i> , in	0,25
Panjang tangki, m	15
Tinggi <i>head</i> , m	0,83
Harga	\$41.665,52

3.3.3.3 Expander Valve

Tabel 3. 7 Spesifikasi *expander valve*

Nama dan Kode	EV-01	EV-02	EV-03
Fungsi	Menurunkan tekanan bahan baku C ₃ H ₆ dari 20 atm ke 2,7 atm.	Menurunkan tekanan bahan baku NH ₃ dari 17,42 atm ke 2,7 atm.	Menurunkan tekanan mixing point MD-01 dari 2,7 atm ke 1 atm.
Tipe	<i>Globe valve wide open</i>	<i>Globe valve wide open</i>	<i>Globe valve wide open</i>
Kapasitas, kg/jam	4.900,550	2.380,287	21.111,821
Suhu, °C	30	30	97,67
Tekanan:			
Tekanan masuk, atm	20	17,42	2,7
Tekanan keluar, atm	2,7	2,7	1
Daya motor, Watt	45,1874	52,971	7,68
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-333 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-333 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-333 Grade C</i>
Dimensi:			

OD, in	22	22	2,875
ID, in	21,5	21,5	2,635
Ai, ft ² /ft	5,6286	5,6286	0,689
Harga	\$32,090	\$32,090	\$32,090

3.3.3.4 Furnace-01

Tabel 3. 8 Spesifikasi Furnace-01

Nama dan kode	F-01
Fungsi	Memaskan bahan baku dari suhu 37,7 °C ke 470 °C
Jenis	<i>Fire Box Furnace</i>
Material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
a. Suhu masuk, °C	37,7
b. Suhu keluar, °C	470
c. Tekanan, atm	2,7
Beban Panas (Kj/Jam)	28.659.155,34
Jumlah	1
SCH	80
ID (m)	10,36
OD (m)	10,13
Dimensi <i>Furnace</i>	
Panjang (m)	3

Sambungan Tabel 3.8

Lebar (m)	1,7
Tinggi (m)	10
Tinggi stack (m)	5,3
Isolator	
Bahan Isolasi	<i>Kaolin Insulating Firebrick</i>
Tebal Isolasi (m)	0,05574
Harga	\$364.670,32

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpan

3.3.4.1. Spesifikasi Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3. 9 Spesifikasi penyimpanan bahan baku

Tangki		T-01	T-02	T-03
Fungsi peruntukan alat		Menyimpan bahan baku propilen	Menyimpan bahan baku amonia	Menyimpan bahan baku asam sulfat
Lama penyimpanan		14 hari	14 hari	14 hari
Fase		Cair	Cair	Cair
Jumlah tangki		1	1	1
Jenis tangki		<i>Flat bottom</i>	<i>Flat Bottom</i>	Silinder tegak berbentuk <i>conical</i>
Kondisi operasi	Suhu (°C):	30	30	30
	Tekanan(atm):	20	17,42	1

Sambungan Tabel 3.9

Spesifikasi	Bahan Konstruksi:	<i>Carbon Steel SA- Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA- Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA- Grade C</i>
	Volume tangki (m ³):	803,749	1.363,252	418,191
	Diameter (m):	15,24	15,24	12,192
	Tinggi (m):	20,824	20,824	7,571
	Jumlah Course	10	4	3
	Tebal <i>Shell</i> , in	0,8750	0,8750	0,1875
Head & Bottom	Jenis <i>Head</i>	<i>Torispherical head</i>	<i>Torispherical head</i>	<i>Conical head</i>
	Tebal <i>head</i> , in	0,5	0,5	0,1875
	Jenis Bottom	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>
	Tebal <i>bottom</i> , in	0,8750	0,8750	0,1875
Harga		\$ 188.518,07	\$ 257.257,45	\$132.993,13

3.3.4.2. Spesifikasi Alat Penyimpanan Produk

Tabel 3. 10 Spesifikasi alat penyimpanan produk

Tangki	T-04
Fungsi peruntukan alat	Meyimpan bahan baku propilen

Sambungan Tabel 3.10

Lama penyimpanan		14 hari
Fasa		Cair
Jumlah tangki		1
Jenis tangki		<i>Flat bottom with torispherical head</i>
Kondisi operasi	Suhu (°C):	30
	Tekanan(atm):	1
Spesifikasi	Bahan Konstruksi:	Carbon Steel SA-283 Grade C
	Volume tangki (m ³):	1.135,569
	Diameter (m):	18,288
	Tinggi (m):	10,469
	Tebal <i>shell</i> (in):	0,1875
<i>Head & Bottom</i>	Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical Head</i>
	Tebal <i>head</i> (in)	0,1875
	Jenis <i>bottom</i>	<i>Flatt bottom</i>
	Tebal <i>bottom</i> (in)	0,1875
Harga		\$236.041,59

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi**Tabel 3. 11** Spesifikasi pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan cairan dari T-03 menuju	Mengalirkan cairan dari HE-01	Mengalirkan cairan dari accumulator	Mengalirkan cairan dari accumulator

	Q-01	menuju MD-01	Kembali ke MD-01	menuju ke T-04
Nama bahan	H ₂ SO ₄	C ₃ H ₃ N dan H ₂ O	C ₃ H ₃ N dan H ₂ O	C ₃ H ₃ N dan H ₂ O
Viskositas, cP	17,8314	0,2768	0,2308	0,2308
Kapasitas, kg/jam	1.978,09	21.111,821	51.216,368	5.050,5051
Suhu fluida, °C	30	97,67	79,43	79,43
Jenis pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Daya motor, Watt	102,915	670,764	2.045.721	257,889
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Harga	\$3.335,13	\$8.774,88	\$12.424,01	\$4.941,48

Tabel 3. 12 Spesifikasi alat transportasi udara kering

Parameter	BL-01	C-01
Fungsi	Mengalirkan udara menuju ke kompresor	Menaikkan tekanan udara
Tipe	<i>Centrifugal Blower</i>	<i>Centrifugal singlestage</i>

Kapasitas, kg/jam		47.097,166	47.097,166
Bahan konstruksi		<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-285 Grade B</i>
Kondisi operasi	Pin, atm	1	1
	Pout, atm	1	2,7
	Tin, °C	30	30
	Tout, °C	30	30
Jumlah stage		-	1
Power motor, Hp		7,5	10,374
Harga		\$1.757,89	\$68.739,39

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3. 13 Spesifikasi heater-01

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	Shell		Tube	
<i>Fluid</i>	<i>Water</i>		<i>Liquid</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
Harga	\$20.000			
	<i>in</i>	<i>out</i>	<i>in</i>	<i>out</i>
<i>Liquid flowrate</i> (kg/jam)	1.546,56	1.546,56	5.148,2839	5.148,2839
<i>Temperature</i> (°C)	110	110	44,31	97,67
<i>Pressure</i> (atm)	1	1	2,7	2,7
<i>Mechanical Design</i>				
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>		

Sambung n Tabel 3.13

<i>Length</i>		<i>Length (ft)</i>	16
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	2
<i>ID (in)</i>	12	<i>OD (in)</i>	0,75
<i>Baffle spaces</i>		<i>Number of tube</i>	196
		<i>A (in²)</i>	369,224
		<i>BWG</i>	16
		<i>Pitch</i>	1
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	0,1/10	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	0,071/10
Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,003/0,001	Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,003/0,001

Tabel 3. 14 Spesifikasi Condensor Parsial-01

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Water</i>		<i>Gasses</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>in</i>	<i>out</i>	<i>in</i>	<i>out</i>
<i>Liquid flowrate</i> (kg/jam)	388.426,64	388.426,64	9.472,63	9.472,63
<i>Vapor flowrate</i> (kg/jam)	-	-	43.023,45	43.023,45
<i>Temperature (°C)</i>	30	80	110	71
<i>Pressure (atm)</i>	1	1	2,7	2,7
Harga	\$15.308			
Mechanical Design				
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>			<i>Length (ft)</i>	16
<i>Passes</i>	1		<i>Passes</i>	6

Sambunga Tabel 3.14

ID (in)	17,25	OD (in)	0,75
<i>Baffle spaces</i>	5,175	<i>Number of tube</i>	203
		A (ft ²)	5755
		BWG	18
		<i>Pitch</i>	1
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	0,34/10	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	0,95/10
Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,005/0,001	Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,005/0,001

Tabel 3. 15 Spesifikasi Condensor Total-01

Operating Condition				
<i>Position</i>	Shell		Tube	
<i>Fluid</i>	<i>Water</i>		<i>Gases</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>in</i>	<i>out</i>	<i>in</i>	<i>out</i>
<i>Liquid flowrate</i> (kg/jam)	42.741,77	42.741,77	4.890,86	4.890,86
<i>Temperature</i> (°C)	30	45	81,25	79,43
Harga	\$16.023			
<i>Pressure</i> (atm)	1	1	1	1
Mechanical Design				
Shell		Tube		
<i>Length</i>		<i>Length</i> (ft)		16
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>		2
ID (in)	13,25	OD (in)		0,62
<i>Baffle spaces</i>	2,65	<i>Number of tube</i>		106
		A (ft ²)		327,36
		BWG		16

Sambung n Tabel 3.15

		<i>Pitch</i>	1
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	4,70/10	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	6,02/10
Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,0109/0,001	Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,0109/0,001

Tabel 3. 16 Spesifikasi reboiler-01

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Water</i>		<i>Gasses</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
	<i>in</i>	<i>out</i>	<i>in</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate</i> (kg/jam)	5.629,05	5.629,05	17.219,76	17.219,76
<i>Temperature</i> (°C)	110	110	100,02	100,09
<i>Pressure</i> (atm)	1	1	1	1
Harga	\$518.800			
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>			<i>Length (ft)</i>	16
<i>Passes</i>	1		<i>Passes</i>	6
ID (in)	19,25		OD (in)	0,75
<i>Baffle spaces</i>	2		<i>Number of tube</i>	7348
			A (ft ²)	30782
			BWG	18
			<i>Pitch</i>	1
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	7,57/10		$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$ (psi)	0,8/10
Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,003/0,001		Rd_{cal}/Rd_{allow}	0,003/0,001

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 17 Neraca massa total input

Bahan	Komponen	Jumlah, kg/jam
Propilen (Arus 1)	C ₃ H ₆	4.869,75
	C ₃ H ₈	30.7974
Amonia (Arus 2)	NH ₃	2.367,68
	H ₂ O	12,6
Udara (Arus 3)	O ₂	10.974,09
	N ₂	36.123,06
Asam Sulfat (Arus 6)	H ₂ O	39,56
	H ₂ SO ₄	1.938,52
Air (Arus 18)	H ₂ O	11.934,93
Jumlah		68.291,02

Tabel 3. 18 Neraca massa total output

Bahan	Komponen	Jumlah, kg/jam
Bottom Quencher (Arus 8)	C ₃ H ₃ N	52,85
	H ₂ O	1.196,08
	(NH ₄) ₂ SO ₄	2.611,08
Off-gas Absorber (Arus 13)	C ₃ H ₆	681,71
	O ₂	6. 187,82
	C ₃ H ₃ N	83,71

Sambungan Tabel 3.18

	H ₂ O	212,03
	N ₂	36.123,07
	C ₃ H ₈	30,79
Bottom MD (Arus 17)	C ₃ H ₃ N	257,41
	H ₂ O	15.803,90
Produk (Arus 16)	C ₃ H ₃ N	4.890,87
	H ₂ O	159,64
Jumlah		68.291,02

3.4.2 Neraca Massa Alat**Tabel 3. 19** Mixing point bahan baku

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 10
C ₃ H ₆	4.869,75	0	0	4.869,75
C ₃ H ₈	30,8	0	0	30,8
NH ₃	0	2.367,68	0	2.367,68
H ₂ O	0	12,6	0	12,6
O ₂	0	0	10.974,09	10.974,09
N ₂	0	0	36.123,06	36.123,06
Total	4.900,55	2.380,28	47.097,16	54.378,003
	54.378,003			

Tabel 3. 20 Neraca massa reaktor-01

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 4		Arus 5	
C ₃ H ₆	4.869,7556		681,76	
C ₃ H ₈	30,8		30,8	
NH ₃	2.367,86		672,55	
H ₂ O	12,6		5.397,15	
O ₂	10.974,09		6.187,82	
N ₂	36.123,06		36.123,06	
C ₃ H ₃ N	0		5.284,84	
Total	54.378,003		54.378,003	

Tabel 3. 21 Neraca massa quencher-01

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output (Kg/Jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C ₃ H ₆	681,76	0	0	0	681,765
C ₃ H ₈	30,8	0	0	0	30,794
NH ₃	672,55	0	0	0	0
H ₂ O	5.397,15	39,56	47.045,55	48.241,62	4.240,64
O ₂	6.187,82	0	0	0	6.187,82
N ₂	36.123,06	0	0	0	36.123,069
C ₃ H ₃ N	2.284,84	0	0	52,8484	5.231,99
H ₂ SO ₄	0	1.938,52	0	0	0

Sambungan Tabel 3.21

(NH ₄) ₂ SO ₄	0	0	0	2.611,079	0
Sub Total	54.378,00	1.978,09	47.045,55	50.905,55	52.496,088
Total	103.401,65			103.401,65	

Tabel 3. 22 Neraca massa separator-01

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)	
	Arus 9		Arus 10	Arus 11
C ₃ H ₆	681,76		681,76	0
C ₃ H ₈	30,8		30,8	0
C ₃ H ₃ N	5.231,99		837,11	4.394,87
H ₂ O	4.240,64		11,7	4.028,60
O ₂	6.187,82		6.187,82	0
N ₂	36.123,06		36.123,06	0
Total	52.496,08		44.072,60	8.423,48
			52.496,08	

Tabel 3. 23 absorber-01

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)	
	Arus 10	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C ₃ H ₆	681,76	0	681,76	0
C ₃ H ₈	30,8	0	30,8	0
C ₃ H ₃ N	837,11	0	83,71	753,40

Sambungan Tabel 3.23

H ₂ O	11,7	663,05	212,03	11.934,92
O ₂	6.187,82	0	6.187,82	0
N ₂	36.123,06	0	36.123,06	0
Sub Total	44.072,60	11.934,92	43.319,19	12.688,33
Total	56.007,53		56.007,53	

Tabel 3. 24 Neraca massa mixing point sebelum menara distilasi-01

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 11	Arus 14	Arus 15
C ₃ H ₃ N	4.394,87	753,40	5.148,28
H ₂ O	4.028,60	11.934,92	15.963,53
Total	8.423,48	12.688,33	21.111,82
	21.111,82		

Tabel 3. 25 Neraca massa Menara distilasi-01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
C ₃ H ₃ N	5.148,28	4.890,86	257,41
H ₂ O	15.963,53	159,63	15.803,90
Total	21.111,82	5.050,50	16.061,31
		21.111,82	

3.5 Neraca Panas

Neraca panas ini dibuat dengan suhu referensi 25°C dan satuan panas yang digunakan adalah kJ/kmol.

Tabel 3. 26 Neraca panas reaktor (R-01)

Arus	Input	Output
Arus 4	22.152.321,46	
Q panas reaksi	196.016,87	
Arus 5		27.343.770,44
Q pendingin		-4.995.432, 11
Total	22.348.338,33	22.348.338,33

Tabel 3. 27 Furnace (F-01)

Arus	Input	Output
Arus 1	97.637,98	4.954.807,23
Arus 2	64.180,21	2.643.648,61
Arus 3	604.927,21	21.827.444,90
Q Steam	28.659.155,34	
Total	29.425.900,74	29.425.900.74

Tabel 3. 28 Neraca panas heat exchanger (HE-01)

Arus	Input	Output
Arus 11	1.497.390,63	
Arus 11		5.659.300, 12

Sambungan Tabel 3.28

Q Steam	4. 161.909,50	
Total	5.659.300, 12	5.659.300, 12

Tabel 3. 29 Neraca panas quencher (Q-01)

Arus	Input	Output
Arus 5	79.299.169,21	
Arus 7	14.706,90	
Arus 8		11.134.512,83
Arus 9		435.096,70
Q Pendingin		67.744.266,58
Total	79.313.876,11	79.313.876, 11

Tabel 3. 30 Neraca panas absorber (ABS-01)

Arus	Input	Output
Arus 10	2.111.421,21	
Arus 12	250.303,86	
Arus 13		2.067.269,48
Arus 14		294.455,59
Total	2.361.725,07	2.361.725,07

Tabel 3. 31 Neraca panas kondensor parsial (CDP-01)

Arus	Input	Output
Arus 9	35.542.866,19	

Sambungan Tabel 3.31

Arus 10		1.911.972,20
Arus 11		1. 141.634,68
Q pendingin		32.489.259,32
Total	35.542.866,19	35.542.866,19

Tabel 3. 32 Neraca panas separator (SP-01)

Arus	Input	Output
Arus 9	18.835.964,43	
Arus 11	1.202.935,04	
Arus 10		18.835.964,43
Arus 11		1.202.935,04
Total	20.038.899,46	20.038.899,46

Tabel 3. 33 Neraca panas sebelum menara distilasi MD-01

Arus	Input	Output
Arus 11	1.202.935,04	
Arus 14	294.455,59	
Arus 15		1.497.390,63
Total	1.497.390,63	1.497.390,63

Tabel 3. 34 Neraca panas menara distilasi (MD-01)

Arus	Input	Output
Feed (Arus 15)	11.908.081,10	

Sambungan Tabel 3.34

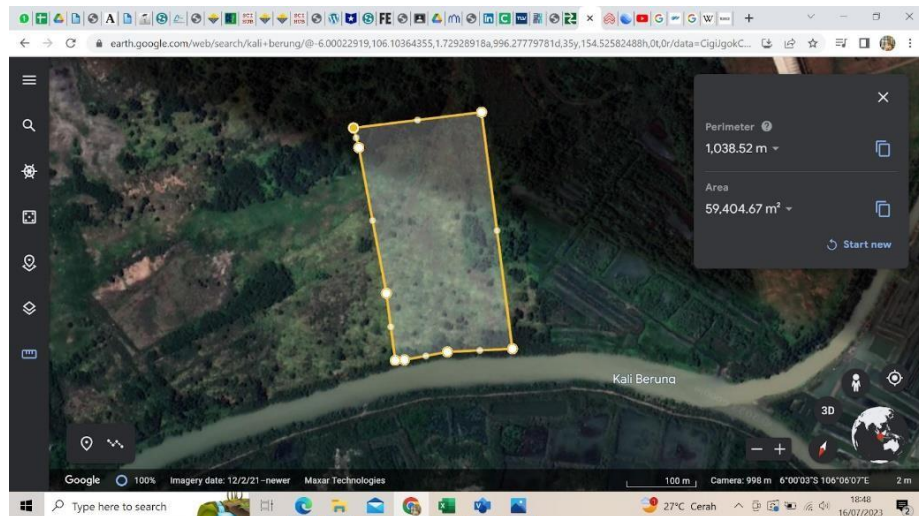
Distilat (Arus 16)		349.865,96
Bottom (Arus 17)		4.998.215,54
Reboiler	12.552.229,34	
Kondensor		19.112.228,94
Total	24.460.310,44	24.460.310,44

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik memiliki tujuan untuk memperoleh lokasi yang dapat memberikan unit cost dari proses produksi dan distribusi yang rendah atau mampu memberikan efisiensi yang maksimum. Lokasi pabrik mempengaruhi secara langsung terhadap keberlangsungan proses pabrik yang meliputi keberhasilan dan kelancaran produksi pabrik. Adapun beberapa pertimbangan pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada ketersediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, kondisi lingkungan, tenaga kerja dan transportasi. Namun dalam hal pemilihan lokasi pabrik ini, tidak hanya pemasaran yang menjadi tolak ukur utamanya. Mengingat bahan baku yang digunakan adalah bahan yang mudah menguap, maka perlu dipertimbangkan mengenai kedekatan sumber bahan baku dengan lokasi pabrik akrilonitril. Sehingga pabrik akrilonitril berorientasi pada kebutuhan bahan baku yang digunakan. Pabrik akrilonitril ini direncanakan akan dibangun di daerah Terate, Kramatwatu, Serang Regency, Banten, Jawa Barat. Gambar 4.1 Berikut merupakan lokasi yang dipilih sebagai pabrik akrilonitril yang didapatkan dari *Google Earth (2023)*.



Gambar 4. 1 Lokasi pabrik

Pertimbangan pemilihan Serang sebagai lokasi pendirian pabrik didasarkan pada beberapa aspek yaitu sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer adalah faktor yang berpengaruh langsung terhadap produksi dan distribusi dari pabrik kimia. Adapun yang mencakup faktor ini yaitu:

a. Ketersediaan bahan baku

Pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan lokasi bahan baku yang digunakan. Pabrik akrilonitril ini menggunakan proses amoksidasi propilen dengan *SOHIO Process (Standard Oil of Ohio)* yang mereaksikan amonia, propilen dan udara menghasilkan akrilonitril dan air. Bahan baku propilen dari PT. Chandra Asri Petrochemical Centre, Cilegon yang merupakan perusahaan yang memproduksi propilen terbanyak. Pemilihan pabrik bahan baku ini berdasarkan lokasi yang berdekatan dengan pabrik akrilonitril yang akan dibangun. Sehingga akan lebih mudah jika dilakukan pemipaan dari bahan

baku menuju pabrik akrilonitril. Bahan baku amonia di ambil dari PT. Pupuk Kujang Cikampek yang merupakan perusahaan terdekat dari banten sehingga amonia dapat dibawa dengan transportasi darat. Udara dapat diambil dari lingkungan sekitar pabrik akrilonitril.

b. Pemasaran produk

Pemasaran produk adalah salah satu yang mempengaruhi kelayakan proses dan menjamin keberlangsungan pabrik. Akrilonitril merupakan produk yang paling luas pemanfaatannya dan banyak dibutuhkan pada pabrik industri. Oleh karena itu, lokasi pabrik harus dekat dengan keberadaan konsumen.

c. Transportasi

Kriteria lokasi pabrik akrilonitril ditetapkan di Banten, Jawa Barat dengan pertimbangan infrastruktur yaitu dekatnya jarak antara lokasi pabrik dengan penyedia bahan baku. Akses jalan yang buruk maupun baik dapat berimbas terhadap biaya operasional pabrik. Bahan baku propilen menggunakan transportasi berupa pipa yang disalurkan ke pabrik akrilonitril dengan jarak kurang lebih 25 km sedangkan amonia dibawa menggunakan transportasi darat dengan jarak kurang lebih 176 km. Apabila diperlukan kegiatan ekspor maupun impor, lokasi pabrik tidak terlalu jauh dari pelabuhan merak. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan Selat Sunda memiliki potensi untuk pelabuhan Internasional. Untuk mobilitas pekerja, daerah Banten sudah memiliki akses jalan darat yang baik berupa kereta api hingga jalan tol.

d. Tenaga kerja

Pekerja pabrik akrilonitril diutamakan untuk masyarakat Banten, Jawa Barat. Selain itu, didatangkan juga beberapa ahli dari daerah lain. Penduduk usia 15-29 tahun di Banten mencapai 3.087.154 jiwa (BPS,2022). Angka tersebut mencukupi kebutuhan pekerja pabrik akrilonitril.

e. Kebutuhan air dan listrik

Dalam pendirian pabrik, perlu diperhatikan kebutuhan tenaga air dan listrik yang digunakan. Pabrik membutuhkan air untuk berbagai macam aktivitas seperti utilitas, umpan masuk boiler, dan sebagainya. Kebutuhan air didapatkan dari kali Berung yang berdekatan dengan lokasi pabrik. Sementara kebutuhan listrik didapatkan dari PLTU Jawa 7 dan generator sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak langsung berperan dalam operasional pabrik, namun sangat berpengaruh dalam kelancaran operasional pabrik. Faktor-faktor diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Perluasan pabrik

Adanya ekspansi dalam kurun waktu 10 sampai 20 tahun kedepan merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan. Hal tersebut dilakukan agar tidak kesulitan mencari lahan perluasan.

b. Peraturan daerah

Pemerintah Banten telah menetapkan wilayahnya sebagai kawasan industri yang terbuka terhadap investor. Pemerintah akan memberikan

kemudahan dalam proses perizinan, pajak dan hal-hal lain yang berkaitan dengan pendirian pabrik.

c. Masyarakat

Pembangunan pabrik di lokasi dirasa akan mendapatkan dukungan dari masyarakat karena terbukanya lapangan pekerjaan untuk masyarakat daerah. Meskipun pabrik berada di daerah yang memiliki penduduk terbilang cukup banyak, pabrik akan tetap mengutamakan keselamatan dan keamanan bagi masyarakat sehingga tidak perlu khawatir terhadap dampak yang akan terjadi.

d. Iklim

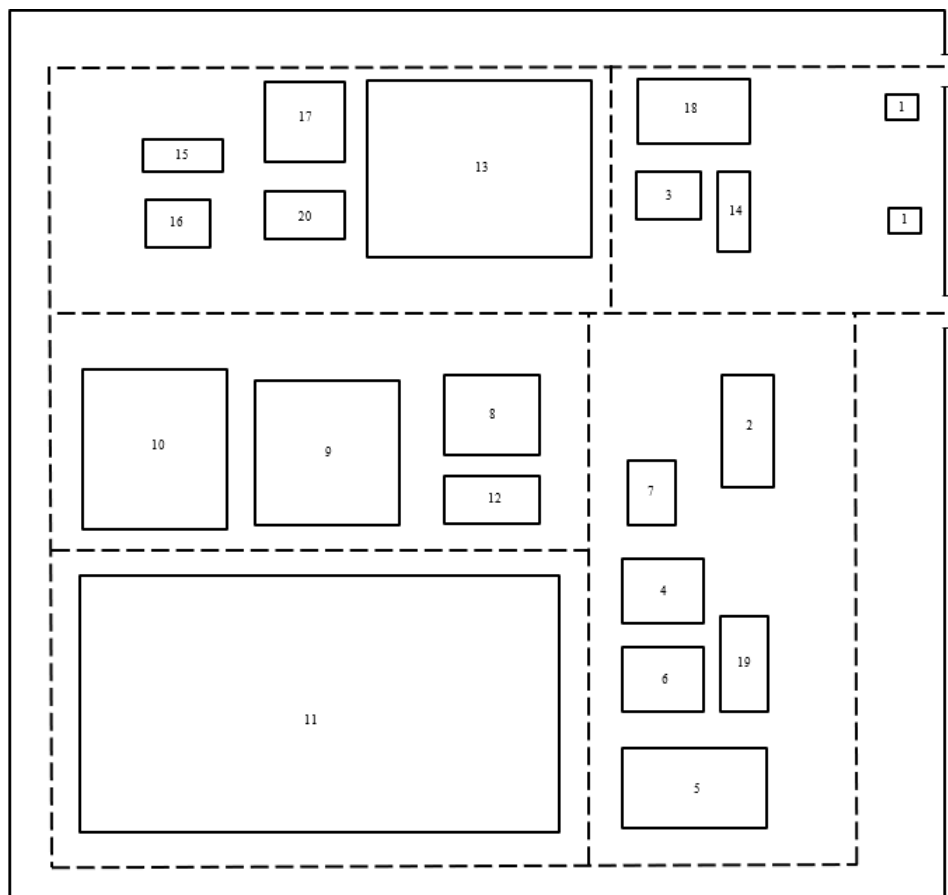
Iklim erat hubungannya dengan pengaruh kondisi operasi dalam pendirian pabrik. Seperti halnya kelembaban udara, panas matahari, dan sebagainya. Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan yang tepat dalam mengukur segala sesuatu yang akan menjadi risiko di masa depan.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan penempatan posisi dari seluruh bagian yang ada di pabrik sesuai dengan fungsinya masing-masing agar proses dapat berjalan secara optimal. Penentuan tata letak pabrik dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor penting yaitu:

- a. Keamanan, keselamatan, dan kenyamanan pekerja.
- b. Jarak antar alat proses untuk memastikan adanya ruang kosong dalam pemasangan, perawatan maupun perbaikan.
- c. Bangunan yang mencakup luas area bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksi yang memenuhi syarat.

- d. Peletakan alat dilakukan sesuai dengan urutan proses produksi, sehingga dapat mendukung efisiensi secara teknis dan ekonomis.
- e. Adanya area pengembangan untuk kemungkinan perluasan lokasi pabrik.
- f. Peletakan peralatan pabrik, terutama alat-alat besar yang beresiko tinggi diberi jarak yang cukup sehingga memudahkan proses penanganan jika terjadi kecelakaan kerja maupun kebakaran.
- g. Service area, seperti tempat ibadah, kantin, tempat parkir, dan sebagainya dirancang agar dekat dengan tempat kerja untuk mengoptimalkan waktu.



Gambar 4. 2 *Layout* pabrik skala 1 : 1000

Adapun perincian penggunaan areal dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

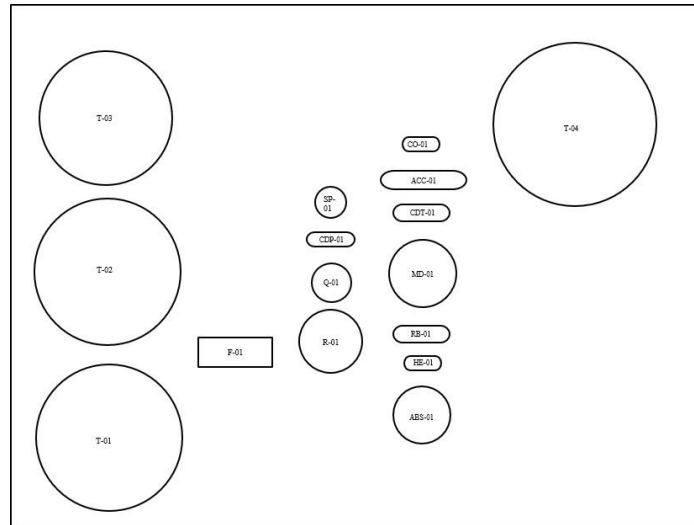
Tabel 4. 1 Rincian penggunaan areal pabrik

No	Nama Bangunan	Luas (m2)
1	Pos keamanan	80
2	Area parkir truk	560
3	Area evakuasi	300
4	Bengkel	450
5	Pemadam kebakaran	500
6	Gudang bahan bakar	1125
7	Laboratorium	300
8	UPL	750
9	Area utilitas	2025
10	Area tangki	2250
11	Area proses	12000
12	Control room	450
13	Main office	3850
14	Taman	250
15	Klinik	250
16	Kantin	300
17	Masjid	625
18	Area parkir	700
19	Aula	375
20	Area perluasan	5625
Luas tanah		33.265

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

Terdapat beberapa aspek yang perlu menjadi perhatian dalam perencanaan tata letak proses untuk memperoleh kondisi yang efisien, antara lain:

- a. Aliran bahan baku dan produk yang dirancang sesuai dengan alur proses sehingga dapat memberikan keuntungan ekonomi dan menunjang keoptimalan dan keamanan produksi.
- b. Memastikan sirkulasi udara di dalam dan sekitar area proses baik untuk menghindari terjadinya stagnasi yang merupakan penumpukan bahan kimia berbahaya yang mengancam keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu diperhatikan.
- c. Penerangan harus memadai terutama pada area berbahaya atau beresiko tinggi.
- d. Agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses



Gambar 4. 3 *Machines Layout* skala 1 : 200

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik akrilonitril direncanakan akan didirikan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Bentuk : Perseroan Terbatas (PT)

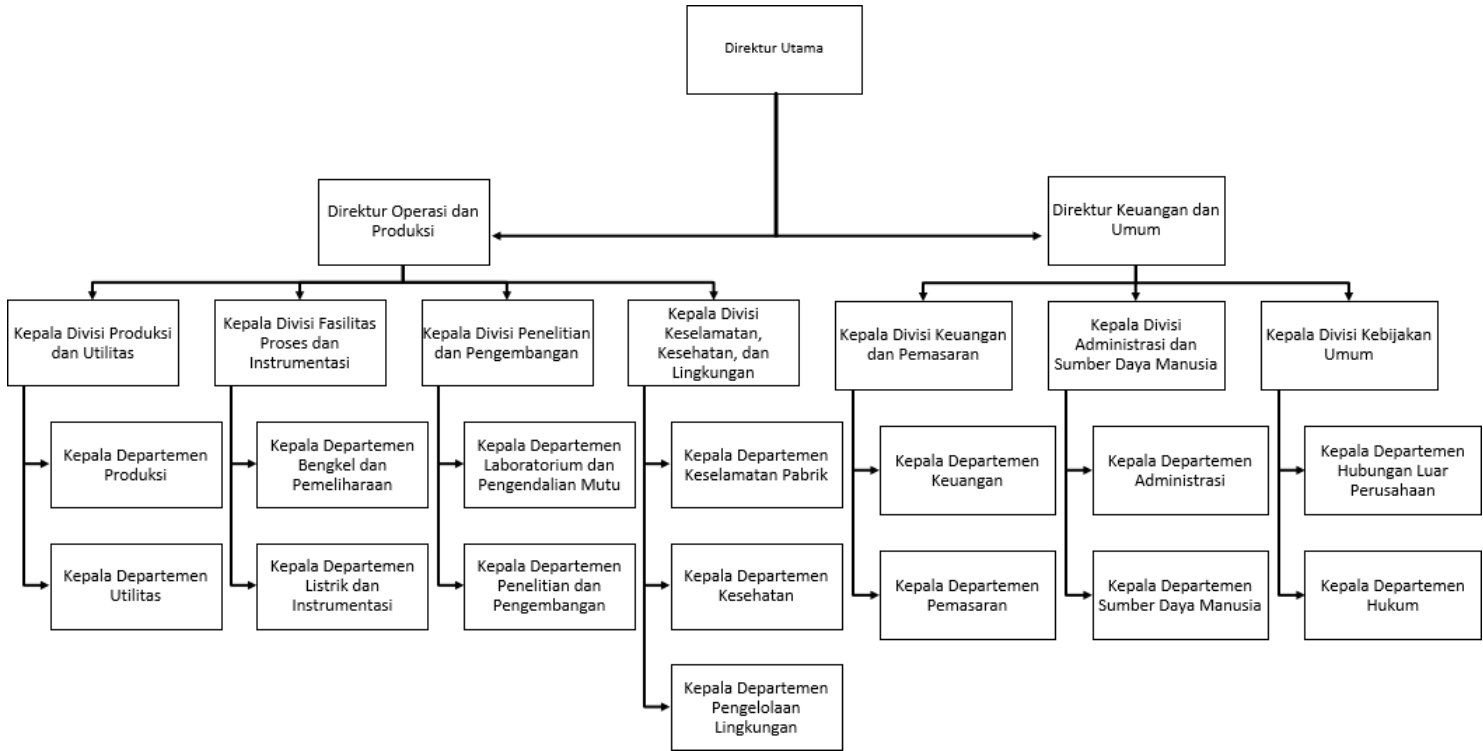
Lapangan usaha : Industri akrilonitril

Lokasi Perusahaan : Terate, Serang, Banten

Alasan dipilih bentuk Perseroan Terbatas pada pendirian perusahaan ini dipertimbangkan atas latarbelakang diantaranya adalah:

- a. Tanggungjawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan saja.
- b. Pemegang saham dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain.
- c. Mudah mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan.
- d. Lapangan usaha yang lebih luas.
- e. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak bergantung dengan berhentinya pemegang saham, direksi dan *staff* perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi



Gambar 4. 4 Struktur organisasi

Setiap perusahaan pada umumnya mempunyai struktur organisasi. Penyusunan struktur organisasi merupakan Langkah awal dalam memulai kegiatan organisasi, dengan kata lain penyusunan struktur organisasi merupakan langkah terencana dalam perusahaan untuk melakukan fungsi pengorganisasian, pengarahan, perencanaan, dan pengawasan. Struktur organisasi memberikan wewenang kepada setiap bagian / divisi untuk mengatur tugas dan sistem dalam pelaksanaan fungsi masing-masing.

Berikut adalah rincian tugas dari masing-masing jabatan:

Direktur Utama

Tugas : Memimpin dan bertanggungjawab atas kegiatan perusahaan, perkembangan perusahaan, dan berjalannya pabrik.

Pendidikan : S2 Teknik Kimia dan berpengalaman minimal 5 tahun di bidangnya.

Jumlah : 1 orang

1. Direktur Operasi dan Produksi

Tugas : Memimpin pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan bidang operasi dan produksi, teknik, penelitian dan pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan manajemen kesehatan, keselamatan kerja, dan lingkungan.

Pendidikan : Lulusan Teknik Kimia (minimal S1) dan berpengalaman minimal 3 tahun di bidangnya.

Jumlah : 1 orang

a. Kepala Divisi Produksi dan Utilitas

Tugas : Bertanggungjawab dalam pelaksanaan kegiatan dalam proses produksi pabrik dan penyediaan utilitas.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia atau Teknik Mesin dan berpengalaman selama 2 tahun.

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Produksi dan Utilitas dibantu oleh 2 Kepala

Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Produksi

Tugas : Memimpin kegiatan pabrik dalam bidang produksi.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 12 orang

a) 3 orang Kepala *Shift* (S1 Teknik Kimia)

b) 9 orang Operator I (D4/D3 Teknik Kimia/STM/SMA/SMK)

II. Kepala Departemen Utilitas

Tugas : Memimpin dan mengatur kegiatan pabrik dalam bidang utilitas. Hal ini mencakup penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan untuk proses maupun instrumentasi.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia atau Teknik Mesin

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 12 orang

a) 3 orang Kepala *Shift* (S1 Teknik Kimia)

b) 9 Orang Operator (D3 Teknik Kimia/ST/SMA/SMK)

b. Kepala Divisi Fasilitas Proses dan Instrumentasi

Tugas : Penanggungjawab dan koordinator pengelolaan pabrik secara teknis yang meliputi pemeliharaan alat, bengkel, gudang, dan fasilitas penunjang proses produksi.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia / Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Fasilitas Proses dan Instrumentasi dibantu oleh 2 Kepala Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Bengkel dan Pemeliharaan

Tugas : Bertanggungjawab atas proses pemeliharaan, perbaikan, dan penggantian alat serta fasilitas pendukung.

Pendidikan : S1 Teknik Mesin

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 9 orang

a) 3 orang Kepala *Shift* (S1 Teknik Mesin)

b) 6 orang Operator (SMA/SMK/STM)

II. Kepala Departemen Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggungjawab sebagai koordinator penyediaan listrik dan keoptimalan alat instrumentasi.

Pendidikan: S1 Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 12 orang

a) 3 orang Kepala *Shift* (S1 Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika)

b) 8 orang Teknisi (STM/SMA/SMK)

c. Kepala Divisi Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Bertanggungjawab atas kegiatan yang berkaitan dengan pengembangan perusahaan, pengawasan mutu, serta kesehatan dan keselamatan kerja.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia atau MIPA Kimia dan berpengalaman 2 tahun.

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Penelitian dan Pengembangan dibantu oleh 2 kepala Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Tugas : Bertanggungjawab atas pengadaan pemantauan hasil produksi dan pengolahan limbah.

Pendidikan : S1 Teknik Kimia atau MIPA Kimia

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 3 orang (D3 Teknik Kimia / MIPA Kimia)

II. Kepala Departemen Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Bertanggungjawab atas kegiatan yang terkait dengan peningkatan kualitas maupun kuantitas produksi dan efisiensi proses.

Pendidikan : S1 Teknik Kimia

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 3 (D3 Teknik Kimia / MIPA Kimia)

d. Kepala Divisi Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan

Tugas : Bertanggungjawab atas kegiatan yang berkaitan dengan keselamatan proses di pabrik, kesehatan pekerja, dan pengelolaan lingkungan.

Pendidikan: S1 Teknik Kimia dan berpengalaman 2 tahun

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan dibantu oleh

3 Kepala Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Keselamatan Pabrik

Tugas : Bertanggungjawab atas penanggulangan resiko kecelakaan atau *hazard* seperti kebocoran, ledakan, dan kebakaran.

Pendidikan : S1 Teknik Kimia

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 9 orang

- a) 1 orang Kepala Penanggulangan Kebakaran (S1 Teknik Kimia)
- b) 1 orang Kepala Penanggulangan Kebocoran (S1 Teknik Kimia)
- c) 6 orang staff Keselamatan Pabrik (D3 Teknik Kimia)

II. Kepala Departemen Kesehatan

Tugas: Bertanggungjawab atas kesehatan pekerja, memberi pertolongan pertama saat terjadi kecelakaan, dan mengadakan penyuluhan kesehatan di pabrik.

Pendidikan : Dokter

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 2 orang (Perawat)

III. Kepala Departemen Pengelolaan Lingkungan

Tugas: Bertanggungjawab atas pengelolaan limbah dari pabrik, pengelolaan lingkungan sekitar pabrik, dan melakukan pengecekan berkala apakah terjadi pencemaran lingkungan.

Pendidikan : S1 Teknik Kimia

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 3 orang (S1 Teknik Kimia/Teknik Lingkungan)

2. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas : Bertanggungjawab dan mengkoordinasi semua kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, personalita, keuangan, pemasaran, humas, dan keamanan.

a. Kepala Divisi Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Bertanggungjawab dan mengkoordinasi kegiatan pengadaan barang, pemasaran, dan pembukuan keuangan.

Pendidikan: S1 Ekonomi / Akuntansi dan sudah berpengalaman 2 tahun

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Keuangan dan Pemasaran dibantu oleh 2 Kepala

Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Keuangan

Tugas : bertanggungjawab dalam pembukuan dan hal-hal yang berkaitan dengan keuangan dan kekayaan perusahaan.

Pendidikan : S1 Ekonomi / Akuntansi

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 4 orang, terdiri dari:

a) 2 orang Staf (S1 Ekonomi / Akuntansi)

b) 2 orang Staf (D3 Ekonomi / Akuntansi)

II. Kepala Departemen Pemasaran

Tugas : Bertanggungjawab untuk mengkoordinasikan pengadaan bahan baku pabrik dan kegiatan pemasaran produk.

Pendidikan : S1 Ekonomi / Manajemen

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 4 orang, terdiri dari:

a) 2 orang Staf (S1 Ekonomi / Manajemen)

b) 2 orang Staf (D3 Ekonomi / Manajemen)

b. Kepala Divisi Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Tugas : Bertanggungjawab dan mengkoordinasi kegiatan yang berkaitan dengan administrasi dan pengelolaan sumber daya manusia.

Pendidikan : S1 Psikologi / Ekonomi dan sudah berpengalaman 2 tahun

Jumlah : 1 tahun

Kepala Divisi Administrasi dan Sumber Daya Manusia dibantu oleh 2 Kepala Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Administrasi

Tugas : bertanggungjawab atas administrasi perusahaan terkait pengarsipan data, agenda kantor, dan sebagainya.

Pendidikan : S1 Ekonomi

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 4 orang (S1 Ekonomi)

II. Kepala Departemen Sumber Daya Manusia

Tugas : bertanggungjawab melakukan perekrutan karyawan baru dan bertugas melaksanakan pengembangan sumber daya manusia perusahaan.

Pendidikan : S1 Psikolog

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 5 orang, terdiri dari:

a) 2 orang Staf (S1 Psikologi / Ilmu Komunikasi)

b) 3 orang Staf (D3 Psikologi / Ilmu Komunikasi)

c. Kepala Divisi Kebijakan Umum

Tugas : Bertanggungjawab dan berkoordinasi terkait kegiatan yang berhubungan dengan kebijakan perusahaan, peraturan, hukum, hubungan ke arah luar perusahaan dan keamanan.

Pendidikan: SI Hukum / Psikologi / Ilmu Komunikasi dan sudah berpengalaman 3 tahun.

Jumlah : 1 orang

Kepala Divisi Kebijakan Umum dibantu oleh 2 Kepala Departemen, yaitu:

I. Kepala Departemen Luar Perusahaan

Tugas : Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan relasi antar perusahaan, masyarakat, pemerintah, supplier, media, dan konsumen.

Pendidikan : S1 Ilmu Komunikasi / Hubungan Internasional

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 4 orang, terdiri dari:

- a) 2 orang Staf (S1 Ilmu Komunikasi)
- b) 2 orang Staf (D3 Bahasa Asing)

II. Kepala Departemen Hukum

Tugas : Bertanggungjawab atas hukum perusahaan, peraturan, dan semua urusan terkait tuntutan hukum kepada dan dari perusahaan.

Pendidikan : S1 Hukum

Jumlah : 1 orang

Bawahan : 2 orang (S1 Hukum)

III. Kepala Humas dan Satuan Keamanan

Tugas : Bertanggungjawab dalam memimpin langsung dan memantau keamanan perusahaan, menjaga pintu masuk dan keluar baik karyawan maupun tamu, serta mengatur hubungan antar masyarakat di lingkungan perusahaan.

Pendidikan : SMA / SMK

Jumlah : 3 orang

Bawahan : 6 orang (SMA / SMK / Penduduk sekitar)

4.4.3 Catatan

a. Cuti Tahunan

Karyawan memiliki hak cuti selama 12 hari kerja dalam 1 tahun. Apabila karyawan tidak menggunakan jatah cuti dalam kurun waktu 1 tahun, maka hak cuti akan hangus.

b. Hari Libur Nasional

Hari libur nasional diberlakukan untuk karyawan harian (*non-shift*) dan dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*) bagi karyawan *shift*. Kerja lembur dapat dilakukan atas persetujuan kepala bagian jika ada kepentingan mendesak.

c. Jam Kerja Karyawan

Pabrik beroperasi 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun. Untuk hari libur yang tersisa digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan alat serta fasilitas pabrik. Berdasarkan waktu kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua bagian yaitu karyawan *non-shift* dan karyawan *shift*.

1. Karyawan *non-shift*

Sistem ini diberlakukan untuk karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan jam kerja harian selama 8 jam. Untuk hari Sabtu, Minggu, dan Hari Libur Nasional karyawan *non-shift* tidak terlibat langsung dalam menangani operasional pabrik. Berikut rincian jam kerja karyawan *non-shift*:

Senin - Kamis : 08.00 - 17.00 WIB (istirahat 12.00 - 13.00 WIB)

Jum'at : 08.00 - 16.00 WIB (istirahat 11.30 - 13.00 WIB)

2. Karyawan Shift

Sistem ini diberlakukan untuk karyawan yang bertugas di bagian operasional pabrik dan keamanan. Berikut rincian jam kerja karyawan yang dibagi menjadi 3 *shift*:

Shift 1 (Pagi) : 08.00 - 16.00 WIB

Shift 2 (Siang) : 16.00 - 24.00 WIB

Shift 3 (Malam) : 24.00 - 08.00 WIB

Jadwal kerja tersebut terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Dalam satu hari kerja, hanya 3 grup *shift* yang masuk, sedangkan 1 *shift* libur. Setiap kelompok mendapatkan jatah libur 1 kali dari 3 kali *shift*.

Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan *shift*

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

Keterangan:

A, B, C, D : Kelompok kerja *shift*

1,2,3, dst : Hari ke-

■ : Libur

3. Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja lembur dilaksanakan apabila terdapat keperluan yang mendesak dan atas persetujuan dari kepala bagian masing-masing.

d. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

1. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

Tabel 4. 3 Penggolongan jabatan dan jumlah karyawan

Jabatan	Jumlah	Pendidikan
Direktur Utama	1	S2 Teknik Kimia
Direktur Operasi dan Produksi	1	Min. S1 Teknik Kimia
Direktur Keuangan dan Umum	1	Min. S1 Ekonomi / Akuntansi
Kepala Divisi Produksi dan Utilitas	1	S1 Teknik Kimia / Teknik Mesin
Kepala Departemen Produksi	1	S1 Teknik Kimia
Karyawan Departemen Produksi	12	S1/D4/D3 Teknik Kimia/STM/SMK
Kepala Departemen Utilitas	1	S1 Teknik Kimia / Teknik Mesin
Karyawan Departemen Utilitas	12	S1 Teknik Kimia / D3 Teknik Kimia
Kepala Departemen Logistik dan Pengadaan	1	S1 Teknik Industri
Karyawan Logistik dan Pengadaan	2	S1 Teknik Industri
Kepala Divisi Fasilitas Proses dan Instrumentasi	1	S1 Teknik Kimia / Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika
Kepala Departemen Bengkel dan Pemeliharaan	1	S1 Teknik Mesin
Karyawan Departemen Bengkel dan Pemeliharaan	9	S1 Teknik Mesin/D3 Teknik Mesin/STM/SMK
Kepala Departemen Listrik dan Instrumentasi	1	S1 Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika

Sambungan Tabel 4.3

Karyawan Departemen Listrik dan Instrumentasi	12	S1 Teknik Mesin / Teknik Elektro / Teknik Fisika/SMA/SMK/STM
Kepala Divisi Penelitian dan Pengembangan	1	Teknik Kimia atau MIPA Kimia
Kepala Departemen Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	S1 MIPA atau Teknik Kimia
Kepala Departemen Penelitian dan Pengembangan	1	S1 Teknik Kimia
Karyawan Departemen Penelitian dan Pengembangan	3	D3 Teknik Kimia/ MIPA kimia
Kepala Divisi Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan	1	S1 Teknik Kimia
Kepala Departemen Keselamatan Pabrik	1	S1 Teknik Kimia
Karyawan Departemen Keselamatan Pabrik	9	S1 Teknik Kimia/D3 Teknik Kimia
Kepala Departemen Kesehatan	1	S1 Kedokteran
Karyawan Departemen Kesehatan	2	Perawat
Kepala Departemen Pengelolaan Lingkungan	1	S1 Teknik Kimia
Karyawan Departemen Pengelolaan Lingkungan	3	S1 Teknik Kimia/Teknik Lingkungan
		D3 Teknik Kimia/Teknik Lingkungan
Kepala Divisi Keuangan dan Pemasaran	1	S1 Ekonomi / Akuntansi
Kepala Departemen Keuangan	1	S1 Ekonomi / Akuntansi
Karyawan Departemen Keuangan	4	S1 Ekonomi / Akuntansi D3 Ekonomi/Akuntansi
Kepala Departemen Pemasaran	1	S1 Ekonomi/Manajemen
Karyawan Departemen Pemasaran	4	S1 Ekonomi/Manajemen D3 Ekonomi/Manajemen
Kepala Divisi Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	S1 Psikologi
Kepala Departemen Administrasi	1	S1 Ekonomi
Karyawan Departemen Administrasi	4	S1 Ekonomi
Kepala Departemen Sumber Daya Manusia	1	S1 Psikolog
Karyawan Departemen Sumber Daya Manusia	5	S1 Psikolog/Ilmu Komunikasi D3 Psikolog/Ilmu Komunikasi
Kepala Divisi Kebijakan Umum	1	S1 Hukum / Psikologi / Ilmu Komunikasi
Kepala Departemen Hubungan Luar Perusahaan	1	S1 Ilmu Komunikasi / Hubungan Internasional

Sambungan Tabel 4.3

Karyawan Departemen Hubungan Luar Perusahaan	4	S1 Ilmu Komunikasi / D3 Bahasa
Kepala Departemen Hukum	1	S1 Hukum
Karyawan Departemen Hukum	2	S1 Hukum
Supir	6	SMA / SMK
<i>Cleaning Service</i>	12	SMA / SMK
Operator	17	D3 Teknik Kimia / STM / SMA / SMK
Kepala Humas dan satuan Keamanan	3	SMA / SMK
Karyawan Humas dan satuan keamanan	6	SMA / SMK / dari penduduk sekitar
Karyawan Pemadam Kebakaran	3	-
Jumlah	163	

2. Sistem Gaji Karyawan

- a. Gaji harian, merupakan gaji yang diperuntukkan bagi karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- b. Gaji bulanan, merupakan gaji yang diperuntukkan bagi karyawan tetap dengan nominal yang sesuai dengan aturan perusahaan.
- c. Gaji lembur, merupakan gaji yang diperuntukkan bagi karyawan yang berkerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 4 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp/orang/bulan)	Total (Rp/bulan)
Direktur Utama	1	Rp60,000,000.00	Rp60,000,000.00
Direktur	2	Rp50,000,000.00	Rp100,000,000.00
Kepala Divisi	7	Rp40,000,000.00	Rp280,000,000.00
Kepala Departemen	15	Rp30,000,000.00	Rp420,000,000.00
Dokter	1	Rp30,000,000.00	Rp30,000,000.00

Sambungan Tabel 4.4

Kepala Shift	15	Rp20,000,000.00	Rp300,000,000.00
Karyawan	75	Rp12,000,000.00	Rp876,000,000.00
Operator	17	Rp10,000,000.00	Rp170,000,000.00
Supir	6	Rp5,500,000.00	Rp33,000,000.00
<i>Cleaning Service</i>	12	Rp5,000,000.00	Rp60,000,000.00
Kepala Humas dan satuan Keamanan	3	Rp7,000,000.00	Rp21,000,000.00
Karyawan Humas dan satuan keamanan	6	Rp6,000,000.00	Rp36,000,000.00
Karyawan Pemadam Kebakaran	3	Rp6,500,000.00	Rp19,500,000.00
Total	163		Rp2,405,500,000.00

d. Kesejahteraan Karyawan

Setiap karyawan memiliki kewajiban dan hak ketenagakerjaan yang harus diberikan sesuai dengan Undang-Undang Ketenagakerjaan, antara lain:

1. Karyawan Pra-Kontrak

Karyawan yang sedang dalam masa percobaan kerja enam bulan kinerja selama enam bulan percobaan akan dievaluasi untuk keputusan pengangkatan sebagai karyawan tetap.

2. Karyawan Tetap

Karyawan yang telah terikat kontrak kerja dengan perusahaan.

3. Hak Karyawan

- Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan telah dibuat berdasarkan jabatan, keahlian, dan kecakapan, masa kerja, dan prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dapat terjadi sesuai dengan pertumbuhan ekonomi dan prestasi masing-masing karyawan.

- Tunjangan Karyawan

Terdapat beberapa jenis tunjangan yang diberikan, yaitu:

- a) Tunjangan makan, perusahaan menyediakan uang makan dengan jumlah yang sama. Karyawan dibebaskan untuk makan siang di area perusahaan atau di luar lingkungan perusahaan.
- b) Tunjangan kesehatan, setiap karyawan mendapatkan asuransi yang telah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia.
- c) Tunjangan Hari Raya
Setiap karyawan mendapatkan tunjangan hari raya sejumlah gaji pokok 1 bulan setiap tahunnya.
- d) Tunjangan keluarga, karyawan yang telah berkeluarga berhak mendapat tunjangan keluarga bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan.
- e) Tunjangan hari tua, bagi karyawan yang telah menginjak umur 60 tahun dan memasuki masa pensiun maka berhak

mendapatkan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja di perusahaan.

- Fasilitas Karyawan

1. Adanya seragam kerja dan peralatan-peralatan penunjang keselamatan kerja.
2. Tersedia bus karyawan atau transportasi.
3. Terdapat klinik yang dapat digunakan ketika karyawan atau keluarga karyawan sakit atau kecelakaan yang dilengkapi tenaga medis dan paramedis.
4. Terdapat tempat ibadah yang asri dan nyaman.
5. Terdapat perumahan yang dilengkapi listrik dan sarana air.
6. Terdapat penghargaan yang berupa bentuk cinderamata untuk karyawan atas capaian masa kerja berturut-turut setiap 10 tahun.
7. Beasiswa untuk anak-anak dari karyawan yang berprestasi.

- Cuti dan Hari Libur Nasional

Karyawan memiliki hak cuti tahunan yaitu 12 hari setiap tahunnya. Apabila dalam waktu satu tahun tidak menggunakan hak cuti, maka hak cuti akan hangus pada tahun itu. Pada hari libur nasional karyawan (*non-shift*) libur. Sedangkan untuk

karyawan *shift* hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*). Kerja lembur (*overtime*) dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

- Kewajiban Karyawan

1. Setiap karyawan wajib mensukseskan visi dan misi perusahaan.
2. Setiap karyawan wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati.
3. Setiap karyawan wajib menjaga rahasia perusahaan.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan unit penunjang atau pendukung operasional suatu industri yang memiliki fungsi menyediakan bahan pembantu maupun bahan penggerak pabrik. Unit utilitas memiliki peran penting dalam menjalankan proses produksi, menjaga kondisi operasi pabrik tetap stabil, menjaga alat-alat produksi tetap beroperasi dengan normal, serta menjaga aspek *safety* dalam proses produksi hingga terlaksana dengan baik. Unit-unit utilitas yang direncanakan pada pendirian pabrik Akrilonitril adalah sebagai berikutL

1. Unit penyedia dan pengolahan air (*Water System*)
2. Unit pembangkit *steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit *cooling tower*
4. Unit penyedia listrik
5. Unit penyedia udara tekan
6. Unit penyedia bahan bakar
7. Unit pengolahann limbah

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Unit ini memiliki fungsi untuk menyediakan air kebutuhan industri yang berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir suatu proses. Untuk memenuhi kebutuhan air digunakan beberapa sumber seperti air sungai, air danau, air sumur, dan air laut. Dalam hal ini digunakan sumber air dari air sungai dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1) Lokasi pabrik yang berdekatan dengan aliran Kali Berung di daerah Serang, Banten sehingga dapat meminimalisir biaya transportasi.

2) Mudah dalam proses pengolahannya.

Air yang diolehh pada unit utilitas ini digunakan sebagai

a. Air Proses

Air proses digunakan untuk kebutuhan pembuatan produk secara langsung. Air yang digunakan harus bebas dari pengotor, mineral serta oksigen. Selain itu, air harus memiliki tingkat kesadahan rendah untuk menghindari adanya kerak pada peralatan proses.

Tabel 5. 1 Jumlah kebutuhan air proses

Alat Proses	Kebutuhan air (Kg/Jam)
ABS-01	11.934,929
Q-01	47.045,556
Total	58.980,48

b. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan agar tidak terjadi kerusakan pada alat boiler yaitu sebagai berikut:

1. Tidak mengandung zat yang dapat menyebabkan kerak. Kerak terbentuk disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi seperti adanya garam-garam karbonat dan silika. Adanya kerak pada dinding boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas yang dihasilkan sehingga akan menghambat proses perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak pecah.
2. Tidak mengandung zat yang menyebabkan korosi seperti kandungan

asam dan gas terlarut.

3. Tidak mengandung zat yang dapat menyebabkan *foaming* seperti adanya kandungan *solid matter*, *suspended matter* dan tingkat basa yang tinggi. Air dari proses pemanasan dapat menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tidak larut dalam jumlah besar. Adanya *foaming* menyebabkan alat *controller* sulit dalam pembacaan ketinggian cairan dalam boiler dan dapat menyebabkan percikan air yang kuat serta dapat menyebabkan penempelan padatan yang dapat menyebabkan terjadinya korosi jika terdapat pemanasan lebih lanjut.

Tabel 5. 2 Jumlah kebutuhan air umpan boiler

Alat	Kebutuhan air (Kg/Jam)
HE-01	1.546,56
RB-01	5.629,05
Total	7.175,62

c. Air Pendingin

Pemilihan air sebagai media pendingin dikarenakan air mudah dalam pengolahan dan pengaturannya. Air pendingin digunakan untuk menurunkan suhu dari fluida pada proses atau mengkondensasi gas dalam aliran proses. Pengolahan air pendingin harus memenuhi beberapa syarat kandungan yang tidak diperbolehkan sebagai berikut:

1. Silika dapat menyebabkan kerak
2. Adanya kandungan minyak dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan timbulnya endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.
3. Besi dan oksigen terlarut dapat menyebabkan korosi.

Tabel 5. 3 Jumlah kebutuhan air pendingin

Alat	Kebutuhan air (Kg/Jam)
Jaket pendingin R-01	2.879,449
CDP-01	388.426,64
CDT-01	42.741,77
CL-01	26.070,108
Total	460.117,97

Kebutuhan air pendingin diperoleh dari *cooling tower*, dalam alat tersebut mengubah *hot temperature water* yang keluar dari suatu alat menjadi *cold temperature water* yang akan digunakan kembali untuk proses yang membutuhkan air pendingin. Dalam proses ini terdapat air yang hilang akibat menguap di *cooling tower*, air yang terbawa oleh arus

angin dan air yang di *blowdown* sehingga diperlukan *make up water* untuk memenuhi kebutuhan air pendingin yang diambil 12.5% sebesar 57.514,75 Kg/Jam.

Berikut merupakan sifat kualitas air dari Sungai Berung yang digunakan sebagai penyedia air pabrik akrilonitril.

Tabel 5. 4 Sifat air sungai Berung

No.	Parameter	Kualitas
1	Suhu, °C	28,6
2	Bau	Tidak berbau
3	Warna, Pt-Co	koloid
4	Kekeruhan, NTU	169
5	pH	8,67

5.1.2 Air untuk keperluan umum (Air sanitasi)

Air untuk keperluan umum merupakan air yang digunakan untuk keperluan perkantoran dan lingkup keseluruhan pabrik. Air tersebut harus memenuhi kualitas sebagai berikut:

1) Syarat Kimia

- Memiliki PH netral dengan rentang 6,5-7,5
- Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti timbal (Pb)
- Tidak mengandung zat organik dan non organik yang dapat larut dalam air

2) Syarat Fisika

- Tidak berasa
- Tidak berbau
- Berwarna jernih

3) Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung mikroba penghasil toksin
- Tidak mengandung bakteri *pathogen*

Tabel 5. 5 Jumlah kebutuhan air keperluan umum

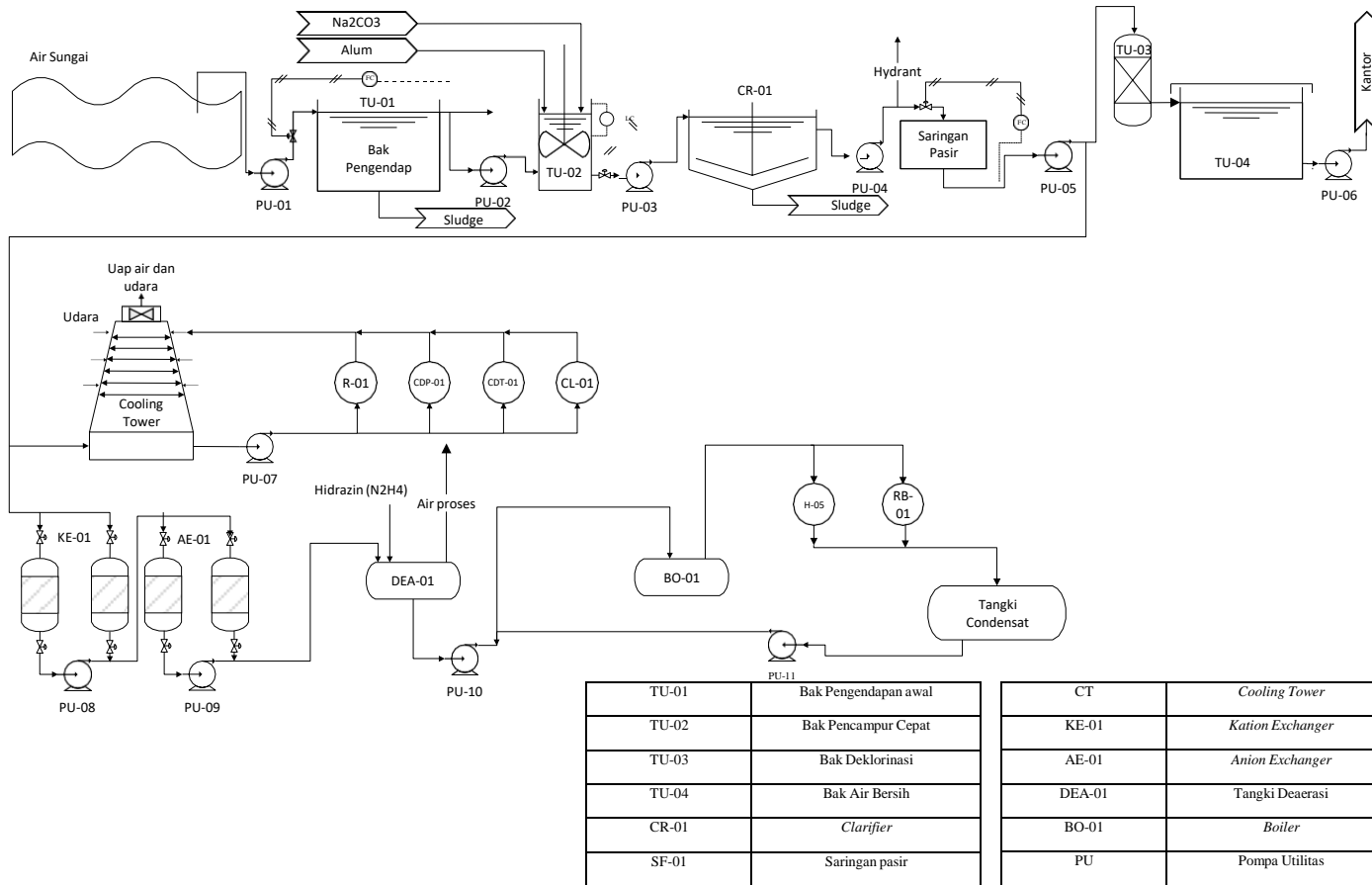
Alat	Kebutuhan air (Kg/Jam)
Kantor dengan 200 orang karyawan	833,3333
Laboratorium	1,875
Taman	1,875
Klinik	1,875
Kantin	1,875
Masjid	1,875
Bengkel	1,875
Air hidran	1,875
Total	13,125

Berdasarkan estimasi perhitungan kebutuhan air, jumlah kebutuhan air total dalam pabrik akrilonitil adalah sebesar 585.532,24 Kg/Jam.

5.1.3 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air baku (*raw water*) dari Sungai Berung menjadi air industri didefinisikan sebagai proses peningkatan kualitas sampai keadaan yang diinginkan. Umpan untuk unit pembangkit *steam* dan air proses merupakan *demineralize system* adalah air yang telah dihilangkan koloid

dan TSS (*Total Suspended Solid*). Adapun tahapan pengolahan air sungai dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut



Gambar 5. 1 Skema utilitas

a. Bak Pengendap

Proses pengendapan dilakukan dengan cara melewatkan air sungai ke dalam sebuah bak. Pengendapan dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Tahapan ini bertujuan untuk mengendapkan *total suspended solid* yang ikut dalam air. Kecepatan pengendapan tergantung ada massa jenis, bentuk dan ukuran partikel, kecepatan aliran dan viskositas air dalam pengendap.

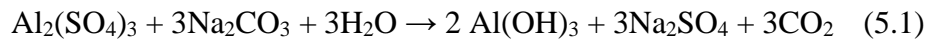
b. Bak Pencampur Cepat

Kemudian air dialirkan menuju ke bak pencampur cepat untuk menambahkan koagulan berupa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ dan Na_2CO_3 . Koagulan dicampur dengan air kemudian diaduk dengan cepat sehingga akan terbentuk flok.

c. *Clarifier*

Padatan berupa koloid membutuhkan pengendapan dengan waktu yang cukup lama, sehingga membutuhkan proses koagulasi untuk mengendapkannya. Koagulasi adalah suatu proses penetralan dalam air sehingga akan terjadinya pengendapan padatan. Pada proses pencampuran cepat Ketika air dicampurkan dengan koagulan maka akan terbentuknya flok. Floakulasi merupakan proses partikel-partikel dikombinasikan menjadi gumpalan, sehingga partikel memiliki ukuran yang lebih besar. Dengan ukuran partikel yang besar, maka partikel-partikel akan mudah mengendap dan mudah dipisahkan. Proses koagulasi hanya terjadi apabila PH diatas 7 (kondisi basa) maka dari itu diperlukan tambahan Na_2CO_3

untuk menciptakan kondisi basa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



d. Saringan Pasir

Proses ini dimaksudkan untuk menyaring padatan tersuspensi di dalam air, menjerab klorin atau gas oksida lainnya. Prinsip pengoperasian alat ini adalah membiarkan air melewati lapisan berpori sebagai media filter. Alat yang digunakan adalah saringan pasir diantaranya filter berupa pasir silika dan filter karbon yang mengandung karbon aset. Pasir silika bertujuan untuk menyaring padatan tersuspensi, karbon aktif bertujuan untuk menyerap bahan organik, gas klorin atau oksida lain yang mungkin berbahaya terhadap resin kationik dan anionik. Karbon juga bisa digunakan untuk menghilangkan rasa, bau dan pengotor lainnya. Filter karbon akan menjadi jenuh seiring waktu lebih banyak zat yang terserap di permukaan. Memberikan adsorpsi karbon dicapai dengan mengalirkan air ke arah yang berlawanan terbalik (back wash).

e. Tangki Deklorinasi

Air yang telah diolah pada proses sebelumnya akan dicampur dengan desinfektan berupa klorin dalam bentuk kaporit untuk menghilangkan bakteri, jamur, dan mikroorganisme. Air yang telah mengalami proses klorinasi kemudian ditampung pada tangki air bersih untuk kemudian didistribusikan sebagai air keperluan umum.

f. Cooling Tower

Air dari tangki air bersih didistribusikan ke alat-alat yang membutuhkan air pendingin. Air pendingin yang digunakan untuk melakukan pendinginan alat-alat proses di daur ulang sehingga dapat digunakan Kembali untuk mendinginkan alat-alat proses, dengan ini dapat menghemat biaya operasi pengambilan air *make up* dari air sungai. Kemudian air dipompa menuju *cooling tower*. Tujuan utama *Cooling tower* adalah mendinginkan air yang digunakan alat-alat proses sebagai media pendingin yang diubah kembali menjadi 30°C sebelum disirkulasikan kembali ke proses produksi.

Cooling tower merupakan suatu sistem refrigerasi yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* memiliki sistem dengan cara mengontakkan air dengan udara dan menguapkan sebagian air tersebut. Maka dibutuhkan air *make up* untuk menjaga jumlah air dikarenakan adanya air yang menguap ke udara dan hilang saat proses pendinginan. Luas permukaan air yang besar dibentuk untuk menyemprotkan air lewat *nozel* atau dilewatkan dari bagian atas dan dikontakkan dengan udara yang masuk melalui bagian samping *cooling tower*. Dalam proses tersebut akan terjadi penurunan suhu dari pendingin, sehingga dapat disirkulasikan Kembali ke alat-alat proses.

Pada *cooling tower*, air pendingin akan mengalami penurunan suhu. Terdapat 2 hal akibat suhu air pendingin menjadi turun, yaitu sebagai berikut:

1. Adanya proses perpindahan massa dari fasa cairan menuju fasa gas, melalui proses penguapan.

Proses penguapan ini memerlukan panas yang diambil dari fasa cairan itu sendiri. Cairan akan kehilangan panas sebesar panas penguapan. Hal ini yang dapat mengakibatkan suhu badan cairan turun.

2. Kenaikan suhu udara yang masuk melalui samping *cooling tower*.

Udara yang bersentuhan dengan air pada suhu tinggi akan meningkat seiring dengan penurunan suhu air. Tetapi panas sensible yang dilepaskan tidak memiliki dampak besar pada penurunan suhu air.

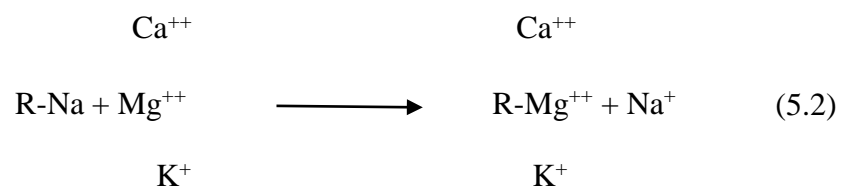
Proses pendinginan dalam *cooling tower* berlangsung secara adiabatik. Transfer massa yang terjadi berlangsung dari arah cairan menuju udara dengan melewati bidang *interface*. Akibat adanya perbedaan konsentrasi air dan cairan dengan udara, maka terjadinya transfer massa. Transfer massa akan berlangsung dalam bentuk proses penguapan.

g. *Ion Exchanger*

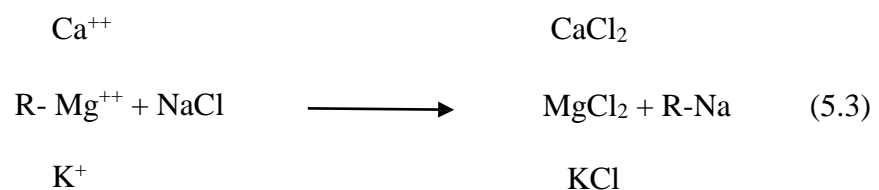
Air yang akan digunakan untuk umpan *boiler* dan umpan pada unit proses harus memenuhi persyaratan bebas dari kandungan garam murni terlarut. Proses yang terjadi dalam sistem ini adalah demineralisasi. Demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion yang terkandung dalam air. Penghilangan mineral tersebut dilakukan dengan mekanisme penukaran ion. Pada tahap ini terjadi proses pengolahan berupa kation *exchanger* dan anion *exchanger*.

a. Kation *Exchanger*

Pada kation *exchanger* berisi resin pengganti kation dimana kandungan kation dalam air akan diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . resin yang digunakan adalah sodium zeolite. Mekanisme pertukaran yang terjadi didalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:



Penggunaan resin penukar ion secara terus menerus akan mengalami kejenuhan oleh ion positif yang diambil. Maka dari itu, resin diregenerasi Kembali dengan menggunakan larutan NaCl 12%. Sebelum dilakukan regenerasi, resin dicuci terlebih dahulu, proses ini disebut proses *backwash*. Adapun reaksi regenerasinya dapat dituliskan sebagai berikut:

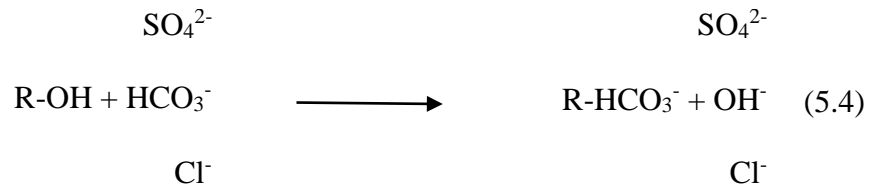


Setelah regenerasi selesai, selanjutnya adalah dilakukan proses pembilasan.

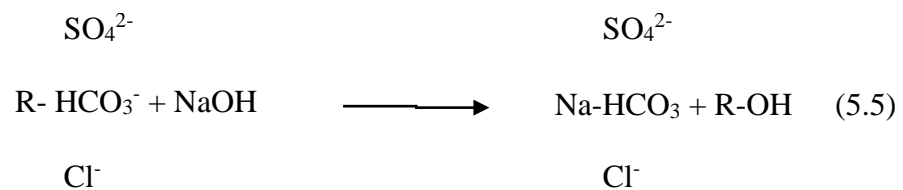
b. Anion *Exchanger*

Pada anion *exchanger* ini menghilangkan kandungan seperti bikarbonat, sulphat karbonat, dan klorida dalam air. Mekanisme

pertukaran yang terjadi didalam anion *exchanger* adalah sebagai berikut:



Penggunaan resin penukar ion secara terus menerus akan mengalami kejenuhan oleh ion negatif yang diambil. Maka dari itu, resin diregenerasi Kembali dengan menggunakan larutan NaOH 12%. Sebelum dilakukan regenerasi, resin dicuci terlebih dahulu, proses ini disebut proses *backwash*. Adapun reaksi regenerasinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi pertukaran ion akan terus berlangsung selama bahan penukar masih memiliki hidrogen atau hidroksida untuk mengganti kation atau anion pada air umpan.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Steam merupakan energi yang berbentuk uap air atau gas hasil dari penguapan yang diproduksi oleh *boiler*. Unit pembangkit *steam* memiliki tugas untuk menghasilkan steam yang akan digunakan dalam proses produksi. Air dipompa dari deaerator ke boiler. *Steam Generator* atau Boiler adalah alat atau bejana bertekanan tertutup yang menghasilkan uap yang digunakan sebagai

pemanas dengan cara air dipanaskan secara terus menerus menggunakan bahan bakar pada tekanan dan suhu tertentu. Bahan bakar yang digunakan pada unit ini adalah batubara.

Beberapa sistem yang terhubung dengan *boiler*, yaitu cerobong, sistem pemipaan saluran bahan bakar, air, dan *steam*. Kemudian bahan bakar dan udara dicampur diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Ruang bakar menghasilkan panas yang kemudian di transfer ke dalam pipa yang terdapat air mengalir sehingga air akan menguap. Air yang masuk *boiler* adalah air dengan kesadahan rendah, hal ini dikarenakan air dengan kesadahan tinggi dapat menyebabkan kerak pada *boiler* tersebut. Air yang digunakan sebelum masuk ke *boiler* diolah terlebih dahulu di deaerator untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen.

Agar tidak terjadi kerak pada *boiler* dilakukan 2 cara yaitu melakukan optimasi pada laju *blowdown* dan menambahkan *dispersant* ke dalam *boiler*. *Dispersant* digunakan untuk menjaga agar padatan mengambang dalam *boiler* sehingga tidak terjadi pengendapan.

Blowdown terjadi pada interval waktu tertentu, tidak secara otomatis terus menerus (kontinyu). Definisi *blowdown* adalah membuang sebagian cairan untuk mencegah akumulasi padatan yang dibawa oleh air umpan boiler. Jika hal ini dilakukan secara terus-menerus (kontinyu), air dan material akan terbang sia-sia. Oleh karena itu, perlu untuk mengoptimalkan laju *blowdown* agar dapat mengetahui waktu yang tepat untuk melakukan *blowdown*.

Berdasarkan perhitungan utilitas kebutuhan *steam*, diketahui bahwa

dibutuhkan sebesar 7.175,62 Kg/Jam.

Spesifikasi Boiler-01

- Kode : B-01
- Fungsi : Menyediakan kebutuhan steam
- Jenis : *water tube boiler*
- Jumlah : 1 buah
- Jumlah pipa : 52 Pipa
- Heating surface : 2,879 m²
- Rate of steam : 7.175,62 kg/jam
- Efisiensi Pembakaran : 80%
- Tekanan : 1 atm
- Suhu steam : 110°C

Bahan Bakar

- Jenis : Batu Bara
- Heating Value : 2691kJ/kg
- Kebutuhan : 662,047 kg/jam

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Unit penyedia tenaga listrik sangat penting dalam pabrik karena berfungsi untuk menyediakan tenaga listrik bagi kebutuhan proses di pabrik kimia maupun bagi perkantoran. Semua kebutuhan listrik pada pabrik ini direncanakan akan dipenuhi oleh PLTU Jawa 7. Selain itu jika terjadi gangguan pada PLTU digunakan sebuah diesel untuk menggerakkan power yang dinilai penting seperti *boiler*, compressor dan pompa.

5.3.1 Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik dari pabrik dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Listrik untuk *plant*

a. Listrik untuk penggerak motor

Beberapa peralatan proses menggunakan listrik sebagai penggerak motornya. Adapun daya yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan proses dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5. 6 Daya motor untuk peralatan proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	0,1104090	82,3320
Pompa-02	P-02	0,7196076	536,6114
Pompa-03	P-03	2,2495529	1.677,491
Pompa-04	P-04	0,2766688	206,3119
Expander Valve-01	EV-01	0,0605972	45,18743
Expander Valve-02	EV-02	0,0710358	52,97152
Expander Valve-02	EV-03	0,010307	7,686110
Compressor-01	C-01	10,374328	7.736,262
Blower-01	BL-01	7,5	5.592,75
Total		21,372	15.937.605

b. Peralatan utilitas

Pada peralatan utilitas dibutuhkan sejumlah daya untuk menggerakkan motor yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut:

Tabel 5. 7 Daya motor untuk peralatan utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa Utilitas-01	PU-01	91,8390882	68.484,4081
Pompa Utilitas -02	PU-02	91,8388919	68,48426172
Pompa Utilitas -03	PU-03	77,2823154	57.629,4226
Pompa Utilitas -04	PU-04	77,2823154	57.629,4226

Sambungan Tabel 5.7

Pompa Utilitas-05	PU-05	77,2816318	57.628,9128
Pompa Utilitas-06	PU-06	77,2816318	57.628,9128
Pompa Utilitas-07	PU-07	64,0870216	47.789,6920
Pompa Utilitas-08	PU-08	3,3247156	2.479,2404
Pompa Utilitas-09	PU-09	3,3247156	2.479,2404
Pompa Utilitas-10	PU-10	0,2965602	221,1450
Pompa Utilitas-11	PU-11	0,2364918	176,3519
Udara tekan	-	5	3.728,5
Belt Conveyor	BC-01	3	2.237,1
Total		572,075	426.596,61

c. Kebutuhan kantor

Pada kebutuhan kantor sejumlah daya untuk menggerakkan motor dirancang dengan daya 500 kW = 500.000 watt. Kebutuhan total listriknya adalah 942,534 kW. Diambil faktor keamanan sebesar 20%, sehingga kebutuhan listrik menjadi 1.131,041 kW.

5.3.2 Generator

Generator disediakan untuk menjaga pasokan tenaga listrik pabrik agar dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Adapun generator yang digunakan adalah generator diesel dengan arus bolak balik. Generator jenis ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- a) Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- b) Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga generator yang disiapkan harus mempunyai output sebesar 942,534 kW atau di atasnya. Oleh karena itu di pilih generator standar

dengan kapasitas sebesar 1000 kW. Saat generator akan digunakan, bahan bakar berupa Diesel di pompa ke generator.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan udara instrumentasi. Instrument yang digunakan merupakan sebuah *controller* pada alat pabrik yang bekerja secara pneumatik. Udara yang diproduksi di unit utilitas harus memenuhi syarat yaitu terbebas dari minyak, debu, dan air (udara kering) agar sistem instrumentasi di pabrik tidak cepat rusak. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel. Udara tekan yang digunakan berupa pada tekanan 4 bar dan suhu 30°C dimana setiap alat control membutuhkan udara tekan sebanyak 2 m³/jam. Jumlah alat control yang digunakan sebanyak 30 buah sehingga total keseluruhan kebutuhan udara tekan adalah 60 m³/jam. Selanjutnya dengan faktor keamanan 20% sehingga dibutuhkan udara tekan sebesar 72 m³/jam.

Spesifikasi Kompresor

Kode	: KU-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan udara tekan
Jenis	: <i>Centrifugal Compressor</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 72 m ³ /jam
Tekanansuction	: 1 atm
Tekanan discharge:	4 bar
Efisiensi	: 85%

Daya kompressor : 5 Hp

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk *boiler*. Pada prarancangan ini digunakan batubara sebagai bahan bakar sebanyak 2.774,79 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pemilihan sistem pengolahan limbah disesuaikan dengan karakteristik limbah, dimana proses harus aman dan tidak menimbulkan bahaya bagi pekerja dan lingkungan serta dipertimbangkan untuk biaya seefisien mungkin. Limbah hasil dari operasi pabrik ini berupa limbah cair dan gas yang harus diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan.

Limbah yang dihasilkan pabrik ini adalah sebagai berikut:

5.6.1 Limbah gas dan pengolahannya

Gas hasil industri pabrik sangat berbahaya bagi lingkungan. Maka dari itu dibutuhkan pengolahan sebelum gas di buang ke udara. Limbah gas bersumber dari gas keluaran absorber dan *boiler*. Komposisi gas hasil absorber adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Komposisi limbah gas keluar absorber

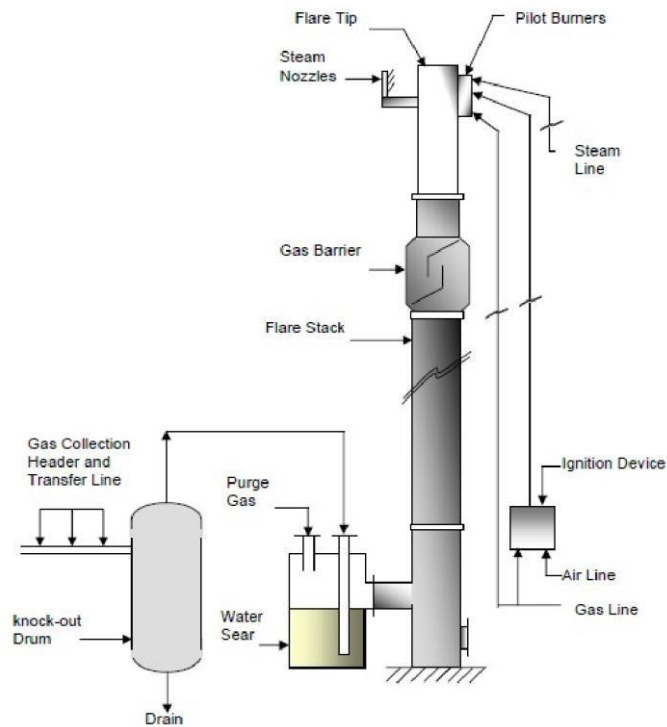
Komponen	Kg/Jam
C ₃ H ₆	681,765
O ₂	6.187,823
C ₃ H ₃ N	83,711
H ₂ O	212,032
N ₂	36.123,069

Sambungan Tabel 5.8

C ₃ H ₈	30,794
Total	43.319,196

Untuk menghindari polusi udara yang diakibatkan oleh limbah gas pabrik, maka perlu dilakukan proses pengolahan limbah yang berupa pembakaran dengan menggunakan alat *flare stack* untuk mengubah limbah gas menjadi CO₂ dan H₂O. Sistem *flare* merupakan sistem pengaman dari gas yang keluar dari sistem proses dengan cara membakar gas yang keluar tersebut sebelum memasuki atmosfer.

Gas dan cairan yang dilepaskan akan dialirkan melalui sistem pemipaan dan masuk ke dalam *Knock Out Drum* (KO Drum). Alat yang berbentuk *vessel* tersebut bertujuan untuk memisahkan kondensat atau cairan lain yang terbentuk atau mengalir di sepanjang pipa *Flare Header* dengan gas yang mengalir ke *Flare*. KO Drum diletakkan berdekatan dengan *flare stack* agar semua kondensat terkumpul dan tidak ikut terbakar di *flare* yang dapat menyebabkan adanya api menyala hitam. Alat *Flame Arrester* berfungsi mengatasi *Back Fire* (membalikkan aliran api) dari puncak *flare* ke jalur *flare header*. Apabila terlalu banyak uap yang dimasukkan, kondisi tersebut biasa dikenal dengan *over-steaming* dalam hal ini kondisi itu dapat menurunkan efisiensi pembakaran.



Gambar 5. 2 Flare

5.6.2 Limbah cair dan pengolahannya

Limbah cair yang berasal dari pabrik mengandung akrilonitril dengan konsentrasi masih melebihi batas yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan. Maka dari itu limbah perlu dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif sehingga konsentrasi dapat memenuhi batas yang diizinkan.

Limbah cair pabrik berasal dari:

5.6.2.1 Limbah sanitasi

Limbah sanitasi adalah air buangan untuk keperluan kantor dan pabrik. Limbah ini tidak memerlukan penanganan yang khusus karena tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya.

5.6.2.2 Limbah air sisa dari unit demineralisasi atau *blowdown cooling water*

Air sisa dari unit demin dan regenerasi mengandung NaOH kemudian dinetralkan ke dalam kolam netralisasi. Dikarenakan sisa regenerasi bersifat basa atau asam sehingga perlu dilakukan penetralan pH menggunakan H_2SO_4 apabila pH air kurang dari 7 dan NaOH jika pH lebih dari 7 sebelum dialirkan ke penampungan akhir atau ke tempat pembuangan.

5.6.2.3 Air berminyak dari pompa

Air minyak dari pelumas pompa perlu dilakukan pengolahan dengan perbedaan berat jenisnya. Minyak yang berada dibagian atas akan dialirkan ke penampungan minyak dan diolah dengan pembakaran di dalam tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawahnya dialirkan menuju penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan investasi yang layak dan menguntungkan atau malah merugikan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam evaluasi ekonomi suatu pabrik antara lain:

- a. *Return On Investment (ROI)*
- b. *Pay Out Time (POT)*
- c. *Break Event Point (BEP)*
- d. *Shut Down Point (SDP)*
- e. *Discount Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Sebelum pabrik didirikan, perlu dilakukan analisa ekonomi terlebih dahulu, sehingga perlu adanya perkiraan terhadap beberapa hal berikut:

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*) yang meliputi:
 - a) Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b) Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi yang meliputi:
 - a) Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b) Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Perlu diperhatikan juga terhadap beberapa hal untuk mengetahui titik impas dari pendirian suatu pabrik. Hal-hal tersebut antara lain:

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

c. Biaya Tidak Tetap (*Variable Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga setiap alat yang digunakan akan mengalami perubahan setiap tahunnya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga masing-masing alat, diperlukan suatu metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun yang didirikan dan perlu diketahui indeks harga alat pada tahun tersebut.

Indeks harga pada tahun perencanaan ditentukan dengan metode regresi linear terhadap index harga tahun sebelumnya. Data index tersebut dapat diperoleh dari *Chemical Engineering Plant Cost* (CEPCI) seperti yang tertera pada Tabel 6.1 berikut:

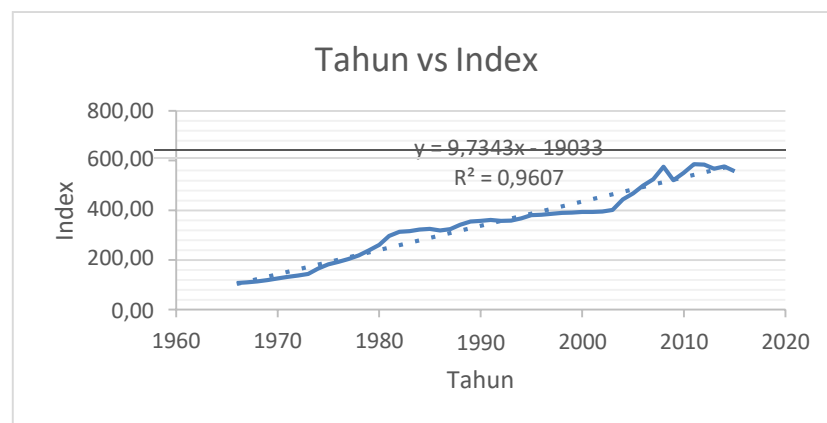
Tabel 6. 1 Index harga alat

Tahun (X)	Index (Y)
1990	357,60
1991	361,30
1992	358,20
1993	359,20
1994	368,10
1995	381,10
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20

Sambungan Tabel 6.1

2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,40
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,1
2015	556,80

Berdasarkan Tabel 6.1 diatas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut:



Gambar 6. 1 Grafik index harga vs tahun

$$y = 9,7343x - 1.9033 \quad (6.1)$$

Rencana pendirian pabrik akrilonitril dengan kapasitas 40.000 ton/tahuun yaitu pada tahun 2027. Dengan menggunakan persamaan 6.1 di atas, diperoleh harga index pada tahun 2027 sebesar 698,426. Persamaan yang digunakan

untuk menghitung harga alat adalah sebagai berikut:

$$Ex = \left(\frac{Nx}{Ny} \right) \quad (6.2)$$

Dimana:

Ex = harga pembelian pada tahun 2022

Ey = harga pembelian pada tahun 2027

Nx = index harga pada tahun 2027

Ny = index harga pada tahun referensi

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik = 40.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Tahun pendirian pabrik = 2027

Kurs mata uang per tanggal 29 Juli 2023 = 1 US \$ = Rp. 15.108

(<https://g.co/finance/USD-IDR>)

Upah buru asing = US\$ 20/*man hour*

Upah buruh indonesia = 30.000/*man hour*

Harga bahan baku propilen = Rp. 585.184.978.395,83/tahun

Harga bahan baku ammonia = Rp. 51.264.846.183,99/tahun

Harga H₂SO₄ = Rp. 174.062.172.760,26/tahun

Harga katalis = Rp. 1.775.461,40/tahun

Harga produk akrilonitril = Rp. 3.402.209.000.000/tahun

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Capital Investment

Capital investment adalah total biaya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan pengoperasian pabrik. *Capital investment* terdiri atas:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment merupakan total biaya pengeluaran yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu yang ditentukan.

6.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost merupakan biaya yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* terdiri atas *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan proses pembuatan produknya. Menurut Aries, *manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Manufacturing Cost*

Direct cost adalah biaya yang berhubungan langsung dengan pembuatan produk seperti *raw material*, *labor cost*, *supervisor*, *maintenance cost*, *plant supplies*, *royalties and patent*, dan *cost of utilities*.

b. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect manufacturing cost adalah total biaya pengeluaran secara akibat tidak

langsung karna operasional seperti *payroll overhead, laboratory, plant overhead, packaging, dan shipping.*

c. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed manufacturing cost adalah total biaya yang bersifat tetap, yang tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

d. *General Expense*

General expense adalah pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi dari Perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost* seperti *administration, sales expense, research, dan finance.*

6.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk menentukan layak atau tidaknya suatu pabrik didirikan. Analisa kelayakan pabrik akrilonitril dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Cara yang dilakukan adalah:

6.4.1 Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah perkiraan keuntungan yang akan diperoleh setiap tahunnya berdasarkan kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Return on investment dinyatakan dalam persentase (%) terhadap modal yang tetap. Persamaan yang digunakan yaitu:

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

Keuntungan atau profit yang dihitung berdasarkan *annual sales* (S_a) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan

pengembalian hutang selama Pembangunan pabrik. Pabrik dengan resiko rendah memiliki minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi memiliki minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

6.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui pada tahun berapa modal investasi akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai POT adalah:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.4)$$

Pada pabrik dengan resiko rendah memiliki nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi memiliki nilai POT maksimal 2 tahun.

6.4.3 Break Event Point (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan atau kerugian. Pada kondisi tersebut, pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Umumnya nilai BEP berkisar antara 40-60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut:

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

6.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik dimana suatu kegiatan produksi harus dihentikan karena beberapa faktor seperti keputusan manajemen karena kegiatan produksi

yang tidak ekonomis, atau akibat dari *variable cost* yang terlalu tinggi. Kemudian jika dalam setahun pabrik tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut karena biaya yang harus dikeluarkan akan lebih mahal disbanding dengan biaya yang digunakan untuk *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SDP adalah:

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

6.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai DCFR adalah:

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

Dimana:

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

n = Umur Pabrik

i = nilai DCFR

6.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik akrilonitril memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik layak untuk didirikan atau tidak.

Tabel 6. 2 *Physical plant cost (PPC)*

No	Komponen	Biaya
1	<i>Purchased Equipment Cost (PEC)</i>	Rp. 96.030.669.265,86
2	<i>Delivered Equipment Cost (DEC)</i>	Rp. 24.007.667.316,47
3	<i>Installation Cost (Biaya pemasangan)</i>	Rp. 47.660.610.721,07
4	<i>Piping Cost (Biaya Pemipaan)</i>	Rp. 37.555.770.437,31
5	<i>Instrumentation (Biaya Instrumentasi)</i>	Rp. 30.003.092.580,40
6	<i>Electrical Cost (Biaya Listrik)</i>	Rp. 9.603.066.926,59
7	<i>Insulation Cost (Biaya Isolasi)</i>	Rp. 8.677.363.375,14
8	<i>Building Cost (Biaya Bangunan)</i>	Rp. 109.560.000.000,00
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp. 83.162.500.000,00
Total		Rp. 446.260.740.622,83

Tabel 6. 3 *Direct plant cost*

No	Komponen	Biaya
1	<i>Physical Plant Cost</i>	Rp. 446.260.740.622,83
2	<i>Engineering & Construction</i>	Rp. 89.252.148.124,57
DPC = PPC + Engineering & Construction		Rp. 535.512.888.747,40

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen	Biaya
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp. 535.512.888.747,40
2	<i>Contractor Fee</i>	Rp. 42.841.031.099,79
3	<i>Contingency</i>	Rp. 80.326.933.312,11
Total		Rp. 658.680.853.159,30

Tabel 6. 5 Direct manufacturing cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Raw Material</i>	Rp. 837.143.918.389,02
2	Labor Cost (Tenaga Kerja)	Rp. 28.866.000.000,00
4	<i>Supervisor</i>	Rp. 2.886.600.000,00
5	<i>Maintenance</i>	Rp. 65.868.085.315,93
6	<i>Plant Supplies</i>	Rp. 9.880.212.797,39
7	<i>Royalties and Patents</i>	Rp. 68.044.180.000,00
8	Utilitas	Rp. 1.634.759.246.783,21
Total		Rp. 2.647.448.243.240,54

Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 2.886.600.000,00
2	<i>Laboratory</i>	Rp. 2.886.600.000,00
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 11.546.400.000,00
4	<i>Packaging & Shipping</i>	Rp. 34.022.090.000,00
Total		Rp. 51.341.690.000,00

Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Depreciation</i>	Rp. 52.694.468.252,74
2	<i>Property Taxes</i>	Rp. 5.667.947,11
3	<i>Insurance Cost</i>	Rp. 6.586.808.531,59
Total		Rp. 59.286.944.731,44

Tabel 6. 8 Manufacturing Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp. 2.647.448.243.240,54
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp. 51.341.690.000,00
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp. 65.868.085.315,93
Total		Rp. 2.764.658.018.556,47

Tabel 6. 9 Working Capital

No	Komponen	Biaya
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp. 17.757.598.268,86
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp. 4.188.875.785,69
3	<i>Product Inventory</i>	Rp. 251.332.547.141,50
4	<i>Extended Credit</i>	Rp. 309.291.727.272,73
5	<i>Available Cash</i>	Rp. 251.332.547.141,50
Total		Rp. 833.903.295.610,27

Tabel 6. 10 General Expense

No	Komponen	Biaya
1	<i>Administration</i>	Rp. 82.939.740.556,69
2	<i>Sales Expense</i>	Rp. 138.232.900.927,82
3	<i>Research</i>	Rp. 96.763.030.649,48
4	<i>Finance</i>	Rp. 29.851.682.975,39
Total		Rp. 347.787.355.109,39

Tabel 6. 11 Total Production Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Manufacturing Cost</i>	Rp. 2.764.658.018.556,47
2	<i>General Expenses</i>	Rp. 347.787.355.109,39
Total		Rp. 3.112.445.373.665,86

Tabel 6. 12 Fixed Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Depreciation</i>	Rp. 52.694.468.252,74
2	<i>Property Taxes</i>	Rp. 6.586.808.531,59
3	<i>Insurance</i>	Rp. 6.586.808.531,59
Total		Rp. 65.868.085.315,93

Tabel 6. 13 Variable Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Raw Material</i>	Rp 837.143.918.389,02
2	<i>Packaging & Shipping</i>	Rp. 34.022.090.000,00
3	<i>Utility</i>	Rp. 1.634.759.246.738,21
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp. 68.044.180.000,00
Total		Rp. 2.573.969.435.127,22

Tabel 6. 14 Regulated Cost

No	Komponen	Biaya
1	<i>Labor</i>	Rp. 28.866.000.000
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 2.886.600.000
3	<i>Supervision</i>	Rp. 2.886.600.000
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 11.546.400.000
5	<i>Laboratory</i>	Rp. 2.886.600.000
6	<i>General Expense</i>	Rp. 347.787.355.109,39
7	<i>Maintenance</i>	Rp. 65.868.085.316
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp. 9.880.212.797
Total		Rp. 472.607.853.223

6.6 Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp. 205.994.092.500

Total produksi = Rp. 162.697.408.988

Keuntungan sebelum pajak = Rp. 43.296.683.512

Pajak pendapatan = Rp. 9.525.270.273

Persentase Pajak sebesar 22% (Dirjen Pajak)

Keuntungan setelah pajak = Rp. 33.771.413.139

6.7 Analisa Resiko Pabrik

Tabel 6.15 Analisa Resiko Pabrik

Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
		<i>Low</i>	<i>High</i>
Kondisi Operasi	Suhu tertinggi: 470 °C Tekanan tertinggi: 2,7 atm		✓
Karakteristik Bahan Baku dan Produk	Bahan Baku Propilen (C ₃ H ₆) <ul style="list-style-type: none">- Sangat mudah terbakar- Memiliki tingkat bahaya serius- Berbahaya jika tertelan dan masuk ke saluran pernafasan- Dapat menyebabkan cacat genetic- Dapat menyebabkan iritasi mata yang serius- Menyebabkan kantuk dan pusing- Dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan Amonia (NH ₃) <ul style="list-style-type: none">- Mudah terbakar- Sangat berbahaya jika terhirup- Dapat menyebabkan luka bakar dan kerusakan mata yang parah		✓

	- Sangat beracun		
	<p>Produk</p> <p>Akrilonitril (C_3H_3N)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sangat mudah terbakar - Dapat menyebabkan kanker - Berbahaya jika terkena kulit - Dapat menyebabkan kerusakan mata yang serius - Dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan 		✓
Sumber Bahan Baku	<p>Bahan baku yang digunakan antara lain:</p> <p>Propilen (C_3H_6)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berupa gas dari PT. Chandra Asri - Bahan baku propilen yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 99,4% - Proses perolehan bahan baku / moda perpipaan <p>Amonia (NH_3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berupa gas dari PT. Pupuk Kujang - Bahan baku amonia memiliki tingkat kemurnian 99,5% - Proses perolehan bahan baku / moda transportasi darat 		✓
	<p>Oksigen (O_2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berupa gas yang diperoleh dari lingkungan sekitar pabrik 	✓	

Berdasarkan beberapa parameter di atas yaitu dari sisi kondisi operasi, sifat atau karakteristik bahan baku serta produk, dan sumber bahan baku, pabrik ini

tergolong memiliki resiko yang tinggi (*high risk*).

6.8 Hasil Kelayakan Ekonomi

6.8.1 Return On Investment

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital} \times 100\% \quad (6.8)$$

ROI sebelum pajak = 44%

ROI setelah pajak = 34,31%

6.8.2 Pay Out Time

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi} \quad (6.9)$$

POT sebelum pajak = 1,92 tahun

POT setelah pajak = 2,36 tahun

6.8.3 Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.10)$$

BEP = 41,75%

6.8.4 Shut Down Point

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.11)$$

SDP = 28,50%

6.8.5 Discounted Cash Flow Rate of Return

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^n (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.12)$$

Umur Pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 658.680.853.159

Working Capital = Rp. 833.903.295.610,272

Salvage Value = Rp. 52.694.468.252,74

Cash Flow = Rp. 321.735.396.832

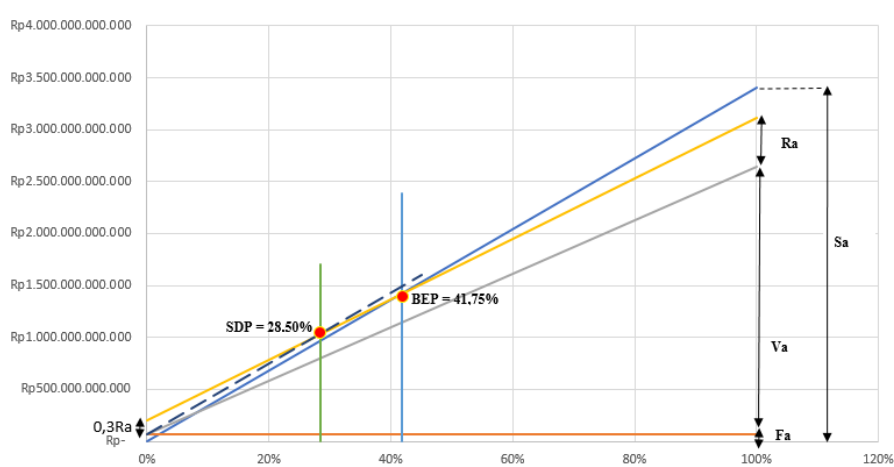
DCFR = 32%

Tabel 6. 16 Analisa kelayakan

Kriteria	Terhitung	Batasan	Keterangan
ROI	Sebelum pajak: 44%	ROI Sebelum Pajak	Layak
	Setelah pajak: 34,31%	Low risk: Min 11% High risk: Min 44%	
POT	Sebelum pajak: 1,92	POT Sebelum Pajak	Layak
	Setelah pajak: 2,36	Low risk: Max 5 th High risk: Max 2 th	
BEP	41,75%	Berkisar 40-60%	Layak
SDP	28,50%	Berkisar antara 20-30%	Layak
DCFR	32%	> 1,5 x bunga minimum penyimpanan bank = 5,75%	Layak

Selanjutnya hasil perhitungan kelayakan ekonomi pabrik akrilonitril

dapat dilihat melalui grafik *Break Event Point* sebagai berikut:



Gambar 6. 2 Grafik evaluasi ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil laporan perancangan pabrik kimia ini antara lain:

1. Pendirian pabrik akrilonitril dengan kapasitas 40.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akrilonitril sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor, menciptakan lapangan kerja serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi Indonesia.
2. Akrilonitril diproduksi melalui proses amoksidasi propilen pada suhu 470°C dengan bantuan katalis padat *bismuth molybdenum* pada reaktor *fluidized bed* yang berlangsung dalam fasa gas. Reaksi antara propilen, amonia, dan udara dengan konversi 90% menghasilkan produk utama berupa akrilonitril.
3. Pabrik berlokasi di Terate, Serang, Banten dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku, berada di kawasan industri dan dekat dengan konsumen.
4. Ditinjau dari proses produksi, sifat bahan baku, dan kondisi operasi maka pabrik akrilonitril dari propilen, ammonia dan udara tergolong pabrik dengan resiko yang tinggi (*high risk*).
5. Berdasarkan analisis ekonomi, diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a) Keuntungan sebelum pajak = Rp. 43.296.683.512
 - b) Keuntungan setelah pajak = Rp. 33.771.413.139

c) ROI sebelum pajak	= 44%
d) ROI setelah pajak	= 34,31%
e) POT sebelum pajak	= 1,92 tahun
f) POT setelah pajak	= 2,26 tahun
g) BEP	= 41,75%
h) SDP	= 28,50%
i) DCFR	= 32%

6. Dari nilai-nilai di atas, nilai ROI dan POT sudah memenuhi syarat yang ditetapkan dengan nilai ROI minimum 11% dan POT maksimum 5 tahun. Selain itu berdasarkan BEP yang diperoleh, investasi untuk mendirikan pabrik akrilonitril ini menarik dari segi ekonomi karena nilainya berada pada rentang 40-60%. Kelayakan pendirian pabrik ini juga didukung dengan nilai DCFR yang lebih besar dari 1,5 suku Bunga bank (5,75%), yaitu 32%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pabrik akrilonitril dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini dapat dipertimbangkan dan dianalisa lebih lanjut.

7.2 Saran

Rancangan pabrik kimia ini perlu pemahaman terkait konsep dasar untuk meningkatkan kelayakan suatu pabrik, seperti:

1. Optimasi pemilihan bahan baku dan alat proses untuk mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Pengolahan limbah hasil pabrik kimia sehingga limbah yang dibuang lebih ramah lingkungan.

3. Pabrik akrilonitril ini dapat memenuhi kebutuhan di masa mendatang untuk mengurangi impor yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton, R.D. 1954. *Chemical Engineering Cost Estimation*.
- Brown, G.G. 1950. *Unit Operation*. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Brownell, L.E and Young, E.H. 1959. *Equipment Design*. John Willey & Sons. Inc, New York.
- Coulson, J.M., Richardson, J F., 1983. *Chemical Equipment Design*. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Deepa, H.A., Raj, A. and Asha, P., 2016, March. Evaluation on Production and Economics of Acrylonitrile by Sohio Process. In *Proceedings of the International Conference on Recent Trends in Engineering and Technologies, Mysuru, India* (Vol. 13).
- Faith, W.L., Keyes, D.B. and Clark, R.L., 1957. Vanillin. *Industrial Chemicals*, pp.796-799.
- Geankoplis, J.C. 1978. *Transport Process and Unit Operation 3rd edition*. Prentice Hall International. Inc, United States of America.
- Hunt, C.R. and Steinmeyer, D.E., Solutia Inc, 2002. *Method of quenching gaseous acrylonitrile and hydrogen cyanide product stream*. U.S. Patent 6,339,169.
- Hopper, J.R., Yaws, C.L., Ho, T.C. and Vichailak, M., 1993. Waste minimization by process modification. *Waste management*, 13(1), pp.3-14.
- Kern, D. Q., 1950. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 1982, *Encyclopedia of Chemical Technology 3rd*

- edition*, Vol. 4, Interscience Publishing. Inc, New York.
- Kirk, R.E., Othmer, D.F., 1991, *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, 5th Edition, Volume 1, The Interscience Publisher Division of John Wiley and Sons Inc, New York.
- Kunii, D. and Levenspiel, O., 1991. Fluidization engineering. Butterworth-Heinemann.
- Levenspiel, O., 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd edition*. John Wiley & Sons. Inc, New York.
- McGraw-Hill Book Company, New York.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1980. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*.
- Poling, B.E., Prausnitz, J.M. and O'Connell, J.P., 2001. Properties of gases and liquids. McGraw-Hill Education.
- Powell, Sheppard T., 1954. Water Conditioning for Industry 1st ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott, M.M. and Swihart, M.T., 1949. Introduction to chemical engineering thermodynamics. Singapore: McGraw-Hill.
- Smith, R., 2005. Chemical process: design and integration. John Wiley & Sons.
- Treyball, R.E., 1979. Mass Transfer Operation's 3rd ed. Mc GrawHill Book. Kogakusha, Tokyo.
- Ullmann. 1987. Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics's*. John Wiley and Sons. Inc, New York.

Walas, S.M., 1988. Chemical Process Equipment Selection and Design.

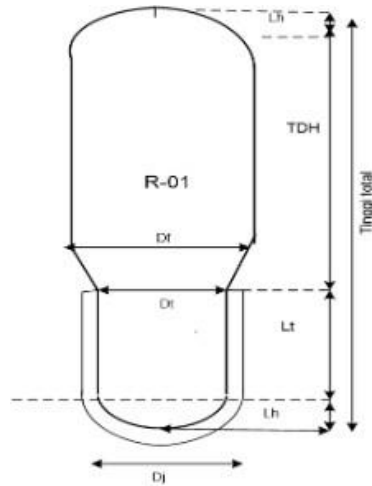
Butterworth, United State of America.

Wankat, P.C., 2006. Separation process engineering. Pearson Education.

Yaws, C. L., 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc-Graw-Hill Companies, Inc., New York

LAMPIRAN A

PERANCANGAN FLUIDIZED BED REAKTOR (R-01)



Gambar 1. *Reaktor Fluidized Bed*

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi amoksidasi propilen antara amonia, propilen dan udara sehingga menghasilkan produk akrilonitril.

Jenis : Reaktor *fluidized bed*

Kondisi operasi :

Tekanan, atm :

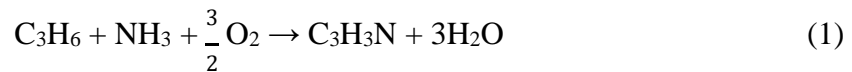
T_{in} , °C : 470 °C

T_{out} , °C : 470 °C

Reaksi : Eksotermis

Reaktor dihitung menggunakan model *bubbling* reaktor *fluidized bed*. Reaktan merupakan fasa gas yang dialirkan dari bawah reaktor dengan melalui tumpukan partikel katalis sehingga partikel akan terfluidisasi. Katalis yang

digunakan berukuran kecil (powder) untuk mempermudah difusi gas ke permukaan katalis sehingga reaksi lebih cepat dibandingkan dengan katalis yang memiliki ukuran lebih besar. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Persamaan kecepatan reaksi adalah (Hopper, 1993):

$$(-r_1) = k_1 C_{\text{C}_3\text{H}_6}$$

A. Alasan Pemilihan Reaktor

Reaktor *fluidized bed* dipilih dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut (Ulman's Encyclopedia-Fluidized Bed Reactor, hal. 10).

- a) Zat reaksi berupa gas dan katalis padat.
- b) Laju perpindahan panas dan massa antara gas dan partikel tinggi dibandingkan dengan mode lainnya.
- c) Pendistribusian suhu merata dan pengoperasian mudah dikarenakan adanya unggun terfluidisasi sehingga menyebabkan proses lebih stabil.
- d) Penanganan dan transportasi pada produk lebih mudah.

B. Perancangan Reaktor

1. Spesifikasi Katalis

Katalis yang digunakan adalah *Bismuth Molybdenum Oxide* (Bi_2MoO_6) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Bentuk : Padatan (Powder)

Densitas, kg/m^3 : 9.320 kg/m^3

Diameter partikel, m : 0,0005

(Sumber: <https://www.americanelements.com/bismuth-molybdenum->

[oxide-13565-96-3](#))

2. Menghitung Properties dari Gas

a. Menghitung Berat Molekul Umpan (BM)

$$BM \text{ campuran} = \sum(BM_i \cdot y_i) \quad (3)$$

Keterangan:

BM_i : Berat Molekul komponen i

y_i : Fraksi Mol Komponen i

Tabel 1. Berat molekul campuran

Komponen	BM	y _i	BM*y _i
C ₃ H ₆	42	0,06135802469	2,577037037
NH ₃	44	0,0737037037	3,242962963
O ₂	17	0,1814814815	3,085185185
C ₃ H ₃ N	32	0	0
H ₂ O	14	0,0003703703704	0,01037037037
N ₂	53	0,6827160494	36,18395062
C ₃ H ₈	18	0,0003703703704	0,0066666666667
Total		1	45,10617284

Diperoleh BM campuran gas sebesar 45,10617284 Kg/Kmol

b. Menghitung Volume Gas Umpan

$$V_g = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P} \quad (4)$$

Keterangan:

n : Mol umpan, gmol/detik : 524,9090

R : Konstanta gas ideal, cm³.atm/gmol.K : 82,05

T : Temperature umpan, K : 743

P : Tekanan Umpan, atm : 2,7

Z	: Koefisien virial	: 1,00059637
Vg	: Laju alir volumetrik, cm ³ /detik	: 11.858.958,7
	Laju alir volumetrik, m ³ /detik	: 11,858959

c. Menghitung Densitas Umpan

$$\rho_g = \frac{P \times BM}{R \times T \times Z} \quad (5)$$

$$\rho_g = \frac{2,7 \text{ atm} \times 45,10617284 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{82,05 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{gmol} \cdot \text{K}} \times 743 \text{ K}}$$

$$\rho_g = 0.001996518885 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0.1246386031 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 1.996518885 \text{ kg/m}^3$$

d. Menghitung Viskositas Gas (μ_g)

Viskositas gas dihitung menggunakan persamaan dalam literatur (Yaws, 1999).

$$\mu_g = A + BT + CT^2 \quad (6)$$

Keterangan:

μ : *viscosity of Gas, micropoise*

A, B, C : konstanta

T : suhu gas masuk reactor, K 743

Tabel 2. Data koefisien perhitungan viskositas gas

Komponen	A	B	C
C ₃ H ₆	-7,23	0,3418	-0,000094516
NH ₃	-7,874	0,367	-0,00000447
O ₂	44,224	0,562	-0,000113

Sambungan Tabel 2

C ₃ H ₃ N	-36,836	0,429	-0,0000162
H ₂ O	42,606	0,475	-0,0000988
N ₂	-5,462	0,32722	-0,00010672
C ₃ H ₈	-7.23	0,3418	-0,000094516

Tabel 3. Data perhitungan viskositas gas

Komponen	Viskositas (mp)	Viskositas (kg/m.s)	yi	Viskositas*yi (kg/m.s)
C ₃ H ₆	194,54993	0,000019454	0,0613580	0,00000119371
NH ₃	262,33934	0,000026233	0,073703703	0,00000193353
O ₂	399,40846	0,000039940	0,181481481	0,00000724852
C ₃ H ₃ N	272,96780	0,0000272967	0,000370370	0,00000001010
H ₂ O	340,98855	0,000034098	0,682716049	0,0000232798
N ₂	178,74779	0,000017874	0,000370370	0,0000000066
C ₃ H ₈	194,549936	0,0000194549	0,061358024	0.0000336723
Total	1.649,0018	0,000164900	1	0.0000011937

e. Menghitung Kecepatan Fluidisasi Minimum (Umf)

$$\frac{dp.Umf.\rho_g}{\mu} = \left[(33,7)^2 + \frac{(0,0408).(dp)^3.\rho_g(\rho_s-\rho_g).g}{\mu^2} \right]^{\frac{1}{2}} - 33,7 \quad (7)$$

Keterangan:

ρ_s : massa jenis partikel (katalis), kg/m³

ρ_g : massa jenis gas, kg/m³

g : percepatan gravitasi, m/s

Umf : kecepatan minimum fluidisasi, m/s

μ : viskositas gas, kg/m.s

dp : diameter partikel, m

(Kuni, 1991:70)

Diperoleh nilai U_{mf} sebesar 0,3549810 m/s.

Syarat terjadinya fluidisasi adalah ketika kecepatan gas masuk (U_0) lebih besar dari kecepatan minimum fluidisasinya (U_{mf}) (Levenspiel, 1999).

f. Menghitung Bilangan Reynold

Reynolds dihitung dengan persamaan berikut:

$$Re = \frac{d_p \cdot \rho_f \cdot U_{mf}}{\mu_f} = 1.052,279887 \quad (8)$$

g. Menghitung Kecepatan Terminal

Kecepatan terminal dihitung berdasarkan bilangan Reynold dengan beberapa persamaan berikut sesuai dengan literatur (Kunii and Levenspiel, 1991):

$$\text{Untuk } Re < 0,2 \text{ maka } Ut = \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_g) \cdot d_p^2}{18 \cdot \mu_g} \quad (9)$$

$$\text{Untuk } 0,4 < Re < 500 \text{ maka } Ut = \left(\frac{1,78 \cdot 10^{-2} \cdot (g \cdot (\rho_s - \rho_g))^2}{\rho_g \cdot \mu_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

$$\text{Untuk } 500 < Re < 200.000 \text{ maka } Ut = \left(\frac{3,1 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_g)}{\rho_g} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Bilangan Reynold saat U_{mf} adalah 1.052,279887 sehingga perhitungan U_t adalah sebagai berikut

$$Ut = \left(\frac{3,1 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_g)}{\rho_g} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$$Ut = 376,546 \text{ m/s}$$

h. Menghitung Kecepatan Gas saat Masuk Reaktor (U_0)

Untuk menghindari terjadinya partikel yang ikut keluar reaktor maka kecepatan gas fluidisasi dijaga antara kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) dan kecepatan terminal (U_t).

Rule of thumb: $U_{mf} < u_0 < u_t$

Keterangan:

U_t : kecepatan maksimum fluidisasi, m/s

U_{mf} : kecepatan minimum fluidisasi, m/s

u_0 : kecepatan gas saat masuk reaktor, m/s

Maka dipilih $u_0 = 1,7 \cdot U_{mf} = 1,7 \times 0,3549810 \text{ m/s} = 0,603467 \text{ m/s}$

3. Menghitung Dimensi Reaktor

a. Menghitung Diameter Zona Reaksi (d_t)

$$d_t = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0,5} \quad (13)$$

$$A = \frac{Q}{u_0} \quad (14)$$

Diperoleh nilai A sebesar $19,65135 \text{ m}^2$

Maka diameter zona reaksi (d_t) = $5,00108 \text{ m}$

b. Menghitung *Transport Disengaging Height* (TDH)

Diketahui:

$U_{mf} = 0,3549810 \text{ m/s}$

$d_t = 5,00108 \text{ m}$

Berdasarkan kurva (*Fig. 5*, halaman 173), didapatkan nilai (TDH/ d_t) yaitu 1,3.

Sehingga, diperoleh nilai TDH = $6,5014 \text{ m}$

Dengan faktor keamanan 20%, maka TDH = 7,1515 m. Dari perhitungan diketahui bahwa untuk gas keluar pada bagian atas reaktor dihitung dari permukaan padatan dibutuhkan tinggi sebesar 6,5014 m.

c. Menghitung Tebal Shell

Tebal dinding reaktor (*Shell*)

Tebal dinding reaktor dapat dihitung menggunakan persamaan (Brownell & Young, 1959) sebagai berikut:

$$t_s = \frac{P \times r t}{(f.E)-(0,6.P)} + C \quad (15)$$

Keterangan:

Direncanakan menggunakan bahan konstruksi *Plate Low-alloy Steels SA-301 Grade A*.

P : Tekanan *design* reaktor, psi : 2,7 atm = 39,67893 psi

rt : *Inside radius of shell* : (dt/2)

f : Tekanan maksimum diijinkan sesuai bahan yang dipakai

: 10,000 psi

E : Efisiensi pengelasan : 0,85

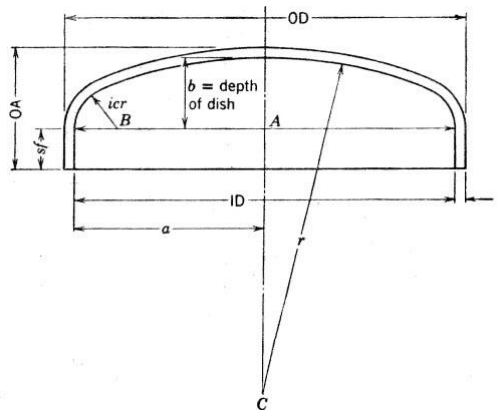
C : Faktor korosi : 0,125

Maka,

Ts = 0,5858 in, digunakan tebal standar sebesar 0,625 in.

d. Menghitung tebal dan tinggi head

1) Bentuk: *Torispherical*



Gambar 2. Bentuk *Head* Reaktor *Torispherical*

2) Tebal Head

Tebal Head Atas

Untuk menghitung diameter luar digunakan persamaan:

$$OD = df + 2ts \tag{16}$$

$$OD = 198,722 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young (*Table 5.7*, halaman 90), untuk OD yang mendekati 216 in dan tebal *shell* 5/8 in diperoleh nilai:

icr : Jari-jari sudut dalam *dish head* = 13

r : Jari-jari *dish head*, in = 170

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \tag{17}$$

$$= 1,654 \text{ in}$$

$$th = \frac{P.rc.W}{2.f.E-0,2W} \tag{18}$$

$$= 0.6563 \text{ in}$$

Dipilih *th* standar = 0,75 in

Tebal Head Bawah

Untuk menghitung diameter luar digunakan persamaan:

$$OD = dt + 2ts \quad (16)$$

$$OD = 198,143 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young (*Table 5.7*, halaman 90), untuk OD yang mendekati 216 in dan tebal *shell* 5/8 in diperoleh nilai:

icr : Jari-jari sudut dalam *dish head* = 13

r : Jari-jari *dish head*, in = 170

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right) \quad (17)$$

$$= 2,38461 \text{ in}$$

$$th = \frac{P.rc.W}{2.f.E-0,2W} \quad (18)$$

$$= 0,07235 \text{ in}$$

Dipilih th standar = 0,1875 in

3) Tinggi Head

Tinggi Head Atas

Dalam perancangan ini, dipilih *Torispherical flanged and dished head*, sehingga dari Tabel 5.7 Brownell & Young didapatkan data sebagai berikut:

Di : 5,0177 m

OD : 198,8636 in

OD standar : 216 in

Icr : 13 in

r	: 170 in
a	: 2,5089 m
AB	: 2,1787 m
BC	: 3,98780 m
AC	: 3,34003 m
b	: 0,97797 m

Tabel 5.6 Brownell & Young diperoleh:

Sf	: 1,5 – 3,5 in
Dipilih sf	: 2 in
Lh	: $t_h + b + sf = 1,04544$ m

Dengan faktor keamanan 20%, maka $L_h = 1,25452$ m

Tinggi Head Bawah

Dalam perancangan ini, dipilih *Torispherical flanged and dished head*, sehingga dari Tabel 5.7 Brownell & Young didapatkan data sebagai berikut:

Di	: 5,00108 m
OD	: 198,0647 in
OD standar	: 216 in
Icr	: 13 in
r	: 170 in
a	: 2,50054 m
AB	: 2,17034 m
BC	: 3,98780 m

AC : 3,34547 m

b : 0,97253 m

Tabel 5.6 Brownell & Young diperoleh:

Sf : 1,5 – 2 in

Dipilih sf : 1,5 in

Lh : $th + b + sf = 1,01247$ m

Dengan faktor keamanan 20%, maka Lh = 1,21496 m

e. Menghitung Tinggi Zona Reaksi (Lt)

$$\ln \frac{C_{AO}}{C_A} = \left[\gamma_b \cdot k + \frac{1}{\frac{1}{K_{bc}} + \frac{1}{\gamma_c \cdot k + \frac{1}{\frac{1}{K_{ce}} + \frac{1}{\gamma_e \cdot k}}}} \right] \times \frac{L_t}{U_b}$$

(Kunii & Levenspiel, 1991)

Keterangan:

K : Kecepatan reaksi kimia

K_{bc}, K_{ce} : Koefisien perpindahan massa, s⁻¹

L_t : Tinggi *bubbling bed*, m

U_b : Kecepatan gelembung, m/s

γ_b : Rasio padatan yang terdispersi dalam gelembung dan volume gelembung dalam *bed*

γ_c : Rasio padatan yang terdispersi dalam gas dan volume gelembung dalam *bed*

γ_e : Rasio antara padatan yang terdispersi dalam emulsi dan volume gelembung dalam *bed*

1) Menghitung Kecepatan Gelembung (U_b)

Kecepatan naik gelembung di *bed* mengikuti persamaan berikut (Kunii & Levenspiel, 1991).

$$u_{br} = 0,711 (g \cdot d_b)^{0,5} \quad (19)$$

Keterangan:

u_{br} : kecepatan naik gelembung, m/s

g : percepatan gravitasi bumi, m/s^2

d_b : diameter gelembung, m

Sehingga,

$$u_{br} = 0,711 (9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,3335 \text{ m})^{0,5} = 1,285377 \text{ m/s}$$

Kecepatan naik gelembung *overall* di *bed* (U_b) mengikuti persamaan (Kunii & Levenspiel, 1991).

$$u_b = u_0 - u_{mf} + u_{br} \quad (20)$$

Keterangan:

u_b : kecepatan naik gelembung *overall* di *bed*, m/s

u_0 : kecepatan gas saat masuk reaktor, m/s

u_{mf} : kecepatan minimum fluidisasi, m/s

u_{br} : kecepatan naik gelembung di *bed*, m/s

Sehingga,

$$u_b = 0,603476 \text{ m/s} - 0,35498 \text{ m/s} + 1,285377 \text{ m/s} = 1,53386 \text{ m/s}$$

2) Menghitung Fraksi Gelembung di *bed* (δ)

Fraksi gelembung di *bed* mengikuti persamaan berikut (Kunii & Levenspiel, 1991).

$$\delta = \frac{u_0 - u_{mf}}{u_b} \quad (21)$$

Keterangan:

δ : fraksi gelembung di *bed*

u_b : kecepatan naik gelembung *overall* di *bed*,
m/s

u_0 : kecepatan gas saat masuk reaktor, m/s

u_{mf} : kecepatan minimum fluidisasi, m/s

Sehingga,

$$\delta = \frac{0,603476 \text{ m/s} - 0,35498 \text{ m/s}}{1,53386 \text{ m/s}} = 0,16200$$

3) Rasio Padatan yang Terdispersi Dalam Gelembung dan Volume Gelembung Dalam Bed (Kunii:158)

$$\gamma_b = 0,005$$

4) Menghitung Rasio Padatan yang Terdispersi Dalam Gas dan Volume Gelembung Dalam Bed

$$\gamma_c = (1 - \epsilon_{mf}) \cdot \left[\frac{3 \cdot u_{mf}/s_{mf}}{u_{br} - u_{mf}/s_{mf}} + \alpha \right] \quad (22)$$

Keterangan:

Ψ : *Sphericity Catalyst* = 0,89 (Kunii: 62)

ϵ_{mf} : fraksi ruang kosong di *bed* saat fluidisasi
minimum

$$\epsilon_{mf} = \left(\frac{0,071}{\Psi} \right)^{1/3} = 0,43048 \quad (23)$$

α : 0,65

Sehingga,

$$\gamma_c = 2,10034$$

5) Menghitung Rasio Antara Padatan yang Terdispersi dalam Emulsi dan Volume Gelembung dalam Bed

Volume Gelembung Dalam Bed

$$\gamma_e = \frac{(1-smf)(1-\delta)}{\delta} - (\gamma_c + \gamma_b) \quad (24)$$

Sehingga diperoleh $\gamma_e = 0,841$

6) Menghitung Koefisien Difusi Molekuler (ϕ)

Koefisien difusi molekuler dihitung dengan persamaan Fuller et al. (Perry, 1999).

$$\phi = \frac{10^{-3} T^{1,75} \left\{ \frac{M_{wA} + M_{wB}}{M_{wA} M_{wB}} \right\}^{0,5}}{P \left\{ \frac{(\sum v)_A^{1/3} + (\sum v)_B^{1/3}}{2} \right\}} \quad (25)$$

Keterangan:

$(\sum v)_A =$ diffusion volumes for propylene

$$= 3 \times (16,5) + 6 \times (1,98) - 20,2 = 41,18$$

$(\sum v)_B =$ diffusion volumes for air = 20,1

Dengan:

T : Suhu reaktor, K

P : tekanan reaktor, Pa

M_A : berat molekul propilen = 42 g/mol

M_B : berat molekul udara = 28,9 g/mol

Kondisi Operasi:

$$T = 470^\circ\text{C} = 743 \text{ K}$$

$$P = 2,7 \text{ atm} = 273.577,5 \text{ Pa}$$

Sehingga,

$$\varphi = 0.000002452 \text{ m}^2/\text{s} = 0.02452 \text{ cm}^2/\text{s}$$

7) Menghitung Koefisien Transfer Massa Antara Gas dalam Gelembung dengan Gas di *Cloud* (K_{bc})

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut (Kunii & Levenspiel, 1991).

$$K_{bc}^{mf} = 4,5 \left(\frac{\varphi}{db} \right) + 5,85 \left(\frac{\varphi^{1/2} g^{1/2}}{db^{1/2}} \right) \quad (26)$$

Sehingga,

$$K_{bc} = 4.8538016 \text{ s}^{-1}$$

8) Menghitung Koefisien Transfer Massa Antara Gas di *Cloud* dengan Gas di *Emulsion* (K_{ce})

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Kunii & Levenspiel, 1991).

$$K_{ce} = 6,77 \left(\frac{\varphi \cdot \epsilon_{mf} \cdot u_{br}}{d_b^3} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

Keterangan:

K_{bc} : konstanta antara gas di *cloud* dengan gas di *bed*, s^{-1}

ϵ_{mf} : fraksi ruang kosong di *bed* saat fluidisasi minimum

φ : koefisien difusi molekuler, m^2/s

db : diameter gelembung, m

Sehingga,

$$K_{ce} = 0.040944774 \text{ s}^{-1}$$

Dari perhitungan keseluruhan diatas, dimasukkan ke dalam

persamaan untuk menghitung tinggi zona reaksi (L_t), sehingga diperoleh:

$$L_t = 4,00519 \text{ m}$$

Dengan faktor keamanan 20%, maka $L_t = 4,806237 \text{ m}$

Maka, tinggi total reaktor = $L_h + L_t + TDH = 14,42727 \text{ m}$

f. Menghitung Diameter Freeboard (D_f)

Untuk menghindari adanya *entrainment* atau aliran partikel padat pada *freeboard*, maka kecepatan gas pada *freeboard* (U_c) < U_t .

Asumsi $U_c = 0,6 \text{ m/s}$

$$A_f = \frac{Q}{U_c} \tag{28}$$

Diperoleh nilai A_f sebesar $19,7649 \text{ m}^2$

$$D_f = \left[\frac{4 \cdot A_f}{\pi} \right]^{1/2} \tag{29}$$

Diperoleh diameter *freeboard* sebesar $5,01779 \text{ m}$

g. Menghitung Dimensi Gas *Distribution Plate*

1) Menghitung Dimensi Gas *Distribution Plate*

Persamaan untuk menghitung adalah sebagai berikut.

$$\frac{\Delta P_b}{L_{mf}} = (1 - \epsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g) \frac{g}{g_c} \tag{30}$$

$$\frac{L_{mf}}{L_f} = 1 - \delta \tag{31}$$

Dengan:

$$\rho_g = 1.996518885 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 9320 \text{ kg/ m}^3$$

$$L_{mf} = 4,02762$$

Sehingga, $\Delta P = 21.373,63941 \text{ kg/m}^2 = 2,06896 \text{ atm}$

2) Menghitung Koefisien Orifice (Ret)

$$Ret = \frac{Dt \cdot U_o \cdot \rho g}{\mu} \quad (31)$$

Diperoleh nilai Ret sebesar 178.944,372

Berdasarkan Kunii (halaman 105), dengan $Ret > 3000$ diperoleh nilai koefisien orifice (C_d) sebesar 0,6.

3) Menghitung kecepatan Gas Melalui Orifice (Uor)

$$U_{or} = C_d \sqrt{\frac{2\Delta p d}{\rho g}} \quad (32)$$

$$U_{or} = 0,86378 \text{ m/s}$$

4) Menghitung Jumlah Lubang

Diameter Orifice (D_{or}) yang biasa digunakan yaitu antara 0,6 mm – 2,5 mm.

Asumsi $D_{or} = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$

$$N_{or} = \frac{4 \times U_o}{U_{or} \times \pi \times D_{or}^2} \quad (33)$$

Sehingga diperoleh total jumlah lubang sebanyak 18.135,70 lubang.

h. Menghitung Waktu Tinggal Reaktor

$$t = \frac{L t}{U_o} \quad (34)$$

$$t = 7,9643 \text{ s}$$

i. Menghitung Kebutuhan Katalis

$$W = At \times Lm \times (1 - \epsilon m) \times \rho_s \quad (35)$$

$$At = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (36)$$

Diperoleh kebutuhan katalis adalah 117.521,85 kg

j. Menghitung Volume dalam Reaktor

Volume reaktor adalah volume vessel reaktor ditambah dengan volume kedua *head* (Bwonell & Young, 1979).

1) Volume *head* atas =

$$\begin{aligned} \text{Volume head atas} &= 0,000049 \times (Df)^2 \times Lf & (37) \\ &= 0,005929 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Volume *Transport Disengaging Height* (TDH)

$$\begin{aligned} \text{Volume TDH} &= \frac{\pi}{4} \times (Df)^2 \times (L_{TDH} - Lf) + \frac{\pi}{3} \times Lf \times \left(\frac{Df^2}{4} + Df \times Dt + Dr^2 \right) & (38) \\ &= 141,0337 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3) Volume Reaksi

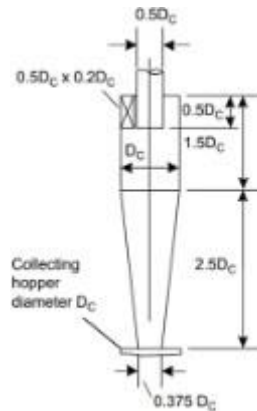
$$\begin{aligned} \text{Volume reaksi} &= \frac{\pi}{4} (Dt)^2 \times Lt & (39) \\ &= 94,3632 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4) Volume *Head* Bawah

$$\begin{aligned} \text{Volume head bawah} &= 0,000049 \times (Dt)^2 \times Lt & (40) \\ &= 0,005890 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka, total volume reaktor adalah 235,40877m³

4. Perancangan Cyclone



Gambar 3. Cyclone

Cyclone digunakan untuk mencegah katalis terbawa gas keluar reaktor. *Cyclone* diletakkan didalam reaktor dengan inlet tepat pada *Transport Disengaging Height* (TDH). Untuk parameter $2.Umf < U_o < 200.Umf$, maka digunakan jenis reaktor *Bubbling Bed Internal Cyclone with Internal Heat Transfer* (Perry, 6th ed, 20-61). Maka jenis *cyclone* yang digunakan merupakan internal *cyclone* dengan proporsi ukuran mengikuti *Lapple model* (Perry, 6 thed, 20-83).

a) Menghitung Densitas Gas Keluar Umpan *Cyclone*

Tabel 4. Perhitungan densitas gas keluar umpan *cyclone*

Komponen	Kmol/jam	BM	xi	BM*xi
C ₃ H ₆	18,2373	42	0,0083693	0,351510938
NH ₃	44,4480	17	0,0203976	0,3467597499
O ₂	217,2520	32	0,0996991	3,190373491

Sambungan Tabel 4

C ₃ H ₃ N	112,0294	53	0,0514114	2,724807577
H ₂ O	336,8746	18	0,154595	2,782714336
N ₂	1.449,4472	14	0,665166	9,312328672
C ₃ H ₈	0,7863	44	0,00036084	0,01587738807

Densitas gas dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\rho g = \frac{P \times Mr}{R \times T} \quad (41)$$

Maka, diperoleh densitas gas keluar umpan *cyclone* yaitu 1,2417 kg/m³.

b) Menghitung Viskositas Gas

Persamaan viskositas gas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Yaws: 457).

$$\mu = A + BT + CT^2 \quad (42)$$

Tabel 5. Data perhitungan viskositas gas

Komponen	Viskositas (mp)	Viskositas (kg/m.s)	yi	Viskositas*yi (kg/m.s)
C ₃ H ₆	194.55	0.0000194549	0.008369308047	0.000000162824
NH ₃	262.34	0.0000262339	0.02039763234	0.000000535110
O ₂	399.41	0.0000399408	0.09969917161	0.000003982069
C ₃ H ₃ N	165.87	0.00001658671	0.05141146371	0.000000852747
H ₂ O	272.97	0.00002729678	0.1545952409	0.000004219952
N ₂	340.99	0.00003409885	0.6651663337	0.00002268141
C ₃ H ₈	178.75	0.00001787477	0.0003608497	0.00000006450
Total	1,814.87	0.00018148690	1	0.000032440564

Diperoleh viskositas campuran gas sebesar 0.000032440564 kg/m.s

c) Menghitung Diameter Minimal Partikel

Menentukan diameter minimal partikel yang dapat terpisahkan dari

campuran gas.

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Perry 6th ed, 20-86).

$$D_{p,min} = \left[\frac{1}{2\pi \cdot N_c \cdot V_c (\rho_s - \rho_g)} \right]^{1/2} \quad (43)$$

Keterangan:

B_c : Lebar pipa aliran gas masuk

V_c : Laju alir gas masuk *cyclone*

N_c : Angka perputaran gas dalam *cyclone*

Proporsi dimensi *cyclone* mengikuti model Sheperd dan Lapple sesuai Figure. 20-106 Perry 6th ed, dimana:

$$B_c = D_c/4$$

$$H_c = D_c/2$$

Laju alir gas masuk *cyclone* mengikuti persamaan:

$$A_c = H_c \cdot B_c \quad (44)$$

$$H_c = D_c/2 = 4D_c/2 = 2B_c$$

$$Q = 2 \times V_c \times B_c^2 \quad (45)$$

Arus masuk *cyclone* = 54.378,003 kg/jam (Neraca massa keluaran reaktor)

$$= 0,02120 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$= 0,7489 \text{ cuft/s}$$

Dari figure. 17-37 Perry 6th ed, untuk perancangan diambil $V_c = 20 \text{ ft/s}$

Maka,

$$0,7489 \text{ cuft/s} = 2 \times 20 \text{ ft/s} \times Bc^2$$

$$Bc = 0,13683 \text{ ft}$$

$$= 0,04170 \text{ m}$$

Harga Nc bervariasi antara 1-6, sehingga untuk harga yang diambil adalah 5 (Perry, 7 ed, 17-28).

Sehingga, diperoleh Dp min sebesar $1,8475 \mu\text{m}$.

Diameter katalis yang digunakan sebagai unggun terfluidisasi adalah $500 \mu\text{m}$. Dikarenakan diameter partikel minimal yang dapat terpisahkan dari campuran gas (Dp min) jauh lebih kecil dari diameter partikel katalis (Dp). Maka, harga perancangan $Vc = 40 \text{ ft/s}$ dan asumsi harga $Nc = 5$ dapat diterima.

d) Menghitung Ukuran *Cyclone*

Diketahui data:

Bc : Lebar pipa masuk *cyclone* (Bc) = $0,04170 \text{ m}$

Dc : Diameter *cyclone* = $0,16682 \text{ m}$

Hc : Tinggi pipa gas masuk *cyclone*

$$: De = Dc/2 = 0,083413 \text{ m}$$

$$: Sc = Dc/8 = 0,020853 \text{ m}$$

$$Lc = 2 \times Dc = 0,33365 \text{ m}$$

$$Zc = 2 \times Dc = 0,33365 \text{ m}$$

$$Jc = Dc/4 = 0,04170 \text{ m}$$

Maka,

$$\text{Tinggi total} = Lc + Zc = 0,66730 \text{ m}$$

e) Menghitung Friksi

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$F_{cv} = \frac{K \cdot B_c \cdot H_c}{D_e^2} \quad (46)$$

Keterangan:

F_{cv} : *cyclone friction losses*

K : konstanta, untuk Lapple model bernilai 16

B_c : Lebar pipa masuk *cyclone* (B_c) = 0,04170 m

H_c : Tinggi pipa gas masuk *cyclone* = 0,08341 m

D_e : 0,08341 m

Maka diperoleh *cyclone friction losses* sebesar 8.

Dari *Figure 10.45 performance curves* didapatkan efisiensi *cyclone* 98%, sehingga untuk mencapai efisiensi tersebut dibutuhkan 8 unit, sehingga untuk mencapai efisiensi tersebut dibutuhkan 8 unit *cyclone*.

f) Menghitung Pressure Drop

$$\Delta P_{cv} = K \left(\frac{D_c}{D_e} \right)^2 \quad (47)$$

Keterangan:

K : konstanta dengan nilai 3,2

Maka, diperoleh Pressure Drop sebesar $12,8 \text{ lb/ft}^2 = 0,00604 \text{ atm}$

5. Perancangan jaket

Dikarenakan reaksi yang terjadi didalam reaktor bersifat eksotermis, maka panas yang dilepaskan harus diserap dari reaktor untuk mencegah

kenaikkan temperatur. Pendingin atau koil berfungsi untuk menjaga temperature reaktor tetap stabil.

Kondisi operasi:

- Suhu fluida panas masuk reaktor = $470^{\circ}\text{C} = 743\text{ K}$
- Suhu fluida panas keluar reaktor = $470^{\circ}\text{C} = 743\text{ K}$
- Suhu pendingin masuk = $30^{\circ}\text{C} = 303\text{ K}$
- Suhu pendingin keluar = $50^{\circ}\text{C} = 323\text{ K}$

a) Jumlah pendingin yang dibutuhkan

$$W_p = \frac{Q_H}{\Delta H} \quad (48)$$

Keterangan:

Q_H : Panas yang keluar dari pendingin = 24.568.831,07 kJ/Jam

ΔH : kapasitas panas = 1.802,931 kJ/kg

Maka,

$$W_p = 13.627,16 \text{ Kg/jam}$$

b) Kecepatan volumetrik air

$$v = \frac{W_p}{\rho_{air}} \quad (49)$$

Keterangan:

V : laju alir volume air pendingin, m^3/jam

ρ : densitas air, $\text{kg}/\text{m}^3 = 997$

Maka,

$$V = 13,6681 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Menghitung Luas perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}} \quad (50)$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{LMTD}} \quad (51)$$

Keterangan:

Nilai UD diperoleh dari *Table 8* buku kern. Untuk *cold fluid* berupa air dan *hot fluid* berupa *gases* didapatkan nilai UD dengan range 2-50 Btu/ft². F. Jam.

Diambil UD = 20 Btu/ft². F. Jam

Maka,

$$A = 851,5599 \text{ ft}^2 = 79,112 \text{ m}^2$$

- Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = OD \times H_L + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2\right) \quad (52)$$

Diketahui =

$$OD \text{ reaktor} = 198,722 \text{ in} = 16,5602 \text{ ft}$$

$$H = 11,990 \text{ m} = 39,3378 \text{ ft}$$

Maka,

$$A \text{ Selubung reaktor} = 866,7226 \text{ ft}^2 = 80,5211 \text{ m}^2$$

Dikarenakan luas selubung reaktor lebih besar dari luas transfer panas maka untuk pendingin digunakan jaket pendingin.

- Perhitungan Desain Jaket Pendingin

$$\text{Diasumsikan jarak jaket} = 15 \text{ in} = 0,381 \text{ m}$$

Maka,

- Diameter dalam jaket = OD x (2 x jarak jaket) = 5,7630 m

- Jari-jari jaket (r_j) = $D_j/2 = 2,881 \text{ m} = 9,4538 \text{ ft}$
- Tebal *shell* jaket =

$$t = \frac{P \cdot ID}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + c \quad (53)$$

Dipilih bahan konstruksi jaket SA-283 Grade C, dengan:

P : 2,7 atm = 39,6789 psi

f : 12650 psi

c : 0,125 in

E : 0,8 (Tabel 13.2 Brownell & Young)

r_i : 2,8815 m = 113,4465 in

$T_j = 0,5708 \text{ in}$

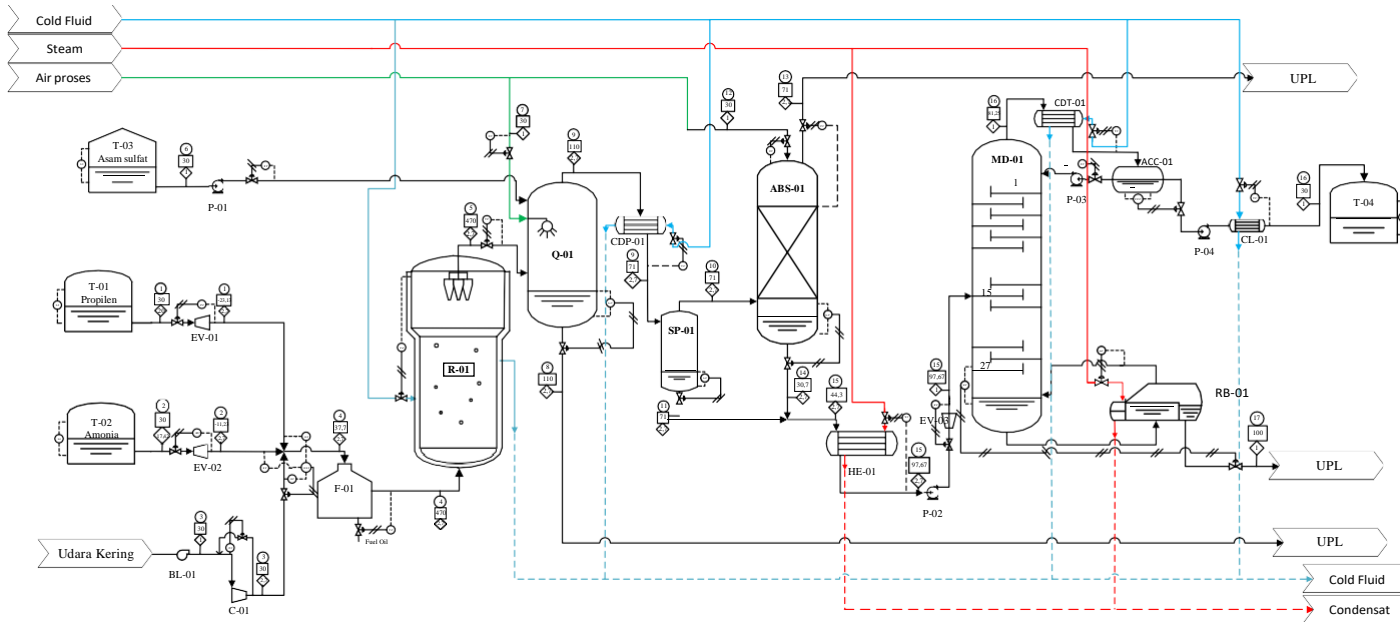
Diambil standar = 0,625 in

- Luas jaket = $2\pi \times r_j \times h + \pi \times r_j^2 = 113,0463 \text{ m}^2$
- Menghitung Tinggi Jaket Pendingin

Tinggi Jaket (H) = L_t reaktor = 4,8062 m







LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA, PROPILLEN DAN UDARA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA 2023
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA, PROPILLEN, DAN UDARA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN DISUSUN OLEH: 1. Effina Lukita Insan (19521031) 2. Yhunita Fibriani (19521141)
DOSEN PEMBIMBING: Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.	

Komponen	Nomor Arus, Kg/Jam																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
C3H6	4.869,755	0	0	4.869,755	681,765	0	0	0	681,765	681,765	0	0	681,765	0	0	0	0
NH3	0	2.367,689	0	2.367,689	672,550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O2	0	0	10.974,09	10.974,09	6.187,823	0	0	0	6.187,823	6.187,823	0	0	6.187,823	0	0	0	0
C3H3N	0	0	0	0	5.284,844	0	0	52,8484	5.231,995	837,119	4.394,87	0	83,7119	753,4074	5.148,283	44.890,869	257,4142
H2O	0	12,5978	0	12,5978	5.397,156	39,561	47.045,55	1.196,077	4.240,640	212,0320	4.028,608	11.934,92	212,032	11.934,929	15.963,537	159,635	15.803,902
N2	0	0	36.123,06	36.123,06	36.123,069	0	0	0	36.123,069	36.123,069	0	0	36.123,069	0	0	0	0
C3H8	30,7946	0	0	30,7946	30,794	0	0	0	30,794	30,794	0	0	30,794	0	0	0	0
H2SO4	0	0	0	0	0	1.938,528	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(NH4)2SO4	0	0	0	0	0	0	0	0	2.611,079	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4.900,55	2.380,28	47.097,166	54.378,003	54.378,003	1.978,09	47.045,55	3.860,005	52.496,088	44.072,604	8.423,484	11.934,92	43.319,196	12.688,337	21.111,821	5.050,505	16.061,31

Keterangan			
T	Tangki	RB	Reboiler
R	Reaktor	FC	Flow Control
Q	Quencher	TC	Temperature Control
SP	Separator	LC	Level Control
ABS	Absorber	PC	Pressure Control
MD	Menara Distilasi	FCC	Ratio Controller
EV	Expander Valve	LI	Level Indicator
C	Compressor		Control Valve
P	Pompa		Arus Sinyal Pneumatic
HE	Heat Exchanger		Nomor Arus
CDP	Condenser Parsial		Suhu
CDT	Condenser Total		Tekanan
ACC	Accumulator		Arus Sinyal Listrik

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Effina Lukita Insan

No. MHS : 19521031

2. Nama Mahasiswa : Yhunita Fibriani

No. MHS : 19521141

Judul Prarancangan: **PRA RANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA, PROPILEN, DAN UDARA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022

Batas Akhir Bimbingan : 8 April 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	7 Okt 2022	Perkenalan dan diskusi terkait tugas akhir	f
2	14 Okt 2022	Konsultasi terkait data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi	f
3	24 Okt 2022	Konsultasi terkait data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi serta diskusi mengenai pemilihan reaksi	f
4	31 Okt 2022	Konsultasi pemilihan proses dan pembuatan diagram alir	f
5	11 Nov 2022	Konsultasi luaran tahap 1	f
6	28 Nov 2022	Konsultasi pemilihan proses	f
7	5 Des 2022	Konsultasi pemilihan proses, kinetika reaksi, dan termodinamika	f
9	14 Des 2022	Konsultasi kinetika reaksi, termodinamika, dan diagram kualitatif	f
10	7 Maret 2023	Konsultasi terkait diagram alir	f
11	22 Maret 2023	Konsultasi terkait diagram alir dan neraca massa	f
12	28 Maret 2023	Konsultasi terkait diagram alir dan neraca massa	f

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Pembimbing



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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Effina Lukita Insan

No. MHS : 19521031








2. Nama Mahasiswa : Yhunita Fibriani

No. MHS : 19521141

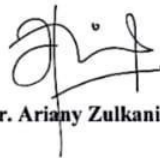
Judul Prarancangan: PRA RANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI AMONIA,
PROPILEN, DAN UDARA KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 9 April 2023

Batas Akhir Bimbingan : 6 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	11 April 2023	Konsultasi terkait perancangan alat proses	
2	10 Mei 2023	Konsultasi terkait perancangan alat proses	
3	27 Mei 2023	Konsultasi terkait diagram alir dan PEFD	
4	6 Juni 2023	Konsultasi terkait PEFD	
5	20 Juni 2023	Konsultasi terkait perancangan alat proses	
6	12 Juli 2023	Konsultasi terkait perancangan alat proses	
7	4 Agustus 2023	Konsultasi terkait utilitas dan evaluasi ekonomi	

**Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Pembimbing**



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