Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Disusun oleh :

Nama : Ilma Nurulita Qolbi
No. Mahasiswa : 18521180

Nama : Rismawati
No. Mahasiswa : 18521220

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	**: Ilma Nurulita Qolbi**	**Nama**	**: Rismawati**
No. Mahasiswa	**: 18521180**	**No. Mahasiswa**	**: 18521220**

Yogyakarta, 20 Oktober 2022

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



Ilma Nurulita Qolbi



Rismawati

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin

Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas

70.000 Ton/Tahun

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama	: Ilma Nurulita Qolbi	Nama	: Rismawati
No. Mahasiswa	: 18521180	No. Mahasiswa	: 18521220

Yogyakarta, 20 Oktober 2022

Pembimbing I	Pembimbing II
Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.	Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng.

iii

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun

PRARANCANGAN PABRIK
Oleh :

Nama : Rismawati

No. Mahasiswa : 18521220

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

Yogyakarta, Maret 2023

Tim Penguji,

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.	
Ketua	
Ariany Zulkania, Dr., S.T., M.Eng	
Anggota I	
Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng	
Anggota II	

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Cholida Tamzisy, S.T., M. Eng
NIP. 185210101

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul "Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun" ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik dan yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Maret 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 5
1.2.1 Data Impor Akrilonitril di beberapa negara 7
1.2.2 Informasi Konsumsi Akrilonitril di Indonesia 8
1.2.3 Bahan Baku 11
1.2.4 Sasaran Pasar 11
1.2.5 Prediksi Kapasitas 12
1.3 Tinjauan Pustaka 12
1.3.1 Akrilonitril 12
1.3.2 Etilen Sianohidrin 14
1.3.3 Berbagai proses pembuatan akrilonitril 14
1.3.4 Nilai Potensi Ekonomi Pada Perbandingan Proses 17
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 19
1.4.1 Tinjauan Termodinamika 19
1.4.2 Tinjauan Kinetika 24
BAB II PERANCANGAN PRODUK 25
2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung 25
2.2 Spesifikasi Sifat Kimia Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung 25
2.3 Pengendalian Kualitas 26
BAB III PERANCANGAN PROSES 28
3.1 Diagram Alir Proses dan Material 28
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif 28

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif 29
3.2 Uraian Proses 31
3.2.1 Tahap Pemurnian Umpan 31
3.2.2 Tahap Dehidrasi 31
3.2.3 Tahap Pemurnian Hasil 32
3.3 Spesifikasi Alat 33
3.3.1 Spesifikasi Reaktor 33
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah 35
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan 39
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan 41
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas 43
3. 4 Neraca Massa 52
3.4.1 Neraca Massa Total 52
3.4.2 Neraca Massa per Alat 52
3. 5 Neraca Panas 54
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 58
4.1 Lokasi Pabrik 58
4.1.1 Tersedia Fasilitas Transportasi 59
4.1.2 Tersedia Pemasaran Produk 59
4.1.3 Tersedia Penyediaan Bahan Baku 60
4.1.4 Tersedia Tenaga Kerja 60
4.1.5 Iklim 61
4.1.6 Lingkungan dan Masyarakat 61
4.1.7 Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya 61
4.1.8 Utilitas 62
4.1.9 Peraturan Pemerintah atau Daerah 62
4.2 Tata Letak Pabrik *(Plant Layout)* 63
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses *(Machines Layout)* 67
4.3.1 Aliran Bahan 67
4.3.2 Aliran Udara 68
4.3.3 Pencahayaan 68
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan 68
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi 68
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses 68

4.4 Organisasi Perusahaan 69
4.4.1 Bentuk Perusahaan 69
4.4.2 Struktur Organisasi 71
4.4.3 Tugas dan Wewenang 74
4.4.4 Ketenagakerjaan 82
BAB V UTILITAS 95
5.1 Pelayanan Teknik (Utilitas) 95
5.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 95
5.5.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*) 107
5.5.3 Unit Pembangkit Listrik *(Power Plant System)* 108
5.5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*) 110
5.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar 111
5.5.6 Unit Pengolahan Limbah 111
5.5.7 Spesifikasi Alat Utilitas 114
BAB VI EKONOMI 126
6.1 Evaluasi ekonomi 126
6.1.1 *Capital Investment* 126
6.1.2 *Manufacturing Cost* 127
6.1.3 *General expense* 127
6.1.4 Analisis kelayakan 127
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 130
7.1 Kesimpulan 130
7.2 Saran 131
DAFTAR PUSTAKA 133
LAMPIRAN 137

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor akrilonitril Indonesia 5
Tabel 1.2 Data kapasitas pabrik akrilonitril di dunia 6
Tabel 1.3 Kebutuhan impor akrilonitril di beberapa negara 7
Tabel 1.4 Prediksi kebutuhan impor akrilonitril dibeberapa negara 8
Tabel 1.5 Data Konsumsi Akrilonitril di Indonesia 9
Tabel 1.6 Perbandingan proses dehidrasi etilen sianohidrin, proses asetilena, dan proses amoksidasi propilen 16
Tabel 1.7 Harga Bahan Baku dan Produk 17
Tabel 1.8 Matriks Pemilihan Proses 19
Tabel 1.9 Data Hf 298° dan Gf 298° 20
Tabel 1.10 Nilai kapasitas panas gas 21
Tabel 2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung 25
Tabel 3.1 Data Neraca Massa Beserta Nomor Arus 30
Tabel 3.2 Spesifikasi Khusus Reaktor 34
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan 39
Tabel 3.4 Spefikasi Alat Transportasi Bahan 41
Tabel 3.5 Kondisi Operasi Vaporizer 43
Tabel 3.6 Mechanical Design Vaporizer 43
Tabel 3.7 Kondisi Operasi Heat Exchanger 44
Tabel 3.8 Mechanical Design Heat Exchanger 44
Tabel 3.9 Kondisi Operasi Waste Heat Boiler 45
Tabel 3.10 Mechanical Design Waste Heat Boiler 45
Tabel 3.11 Kondisi Operasi Kondensor (CD-01) 46
Tabel 3.12 Mechanical Design Kondensor (CD-01) 46
Tabel 3.13 Kondisi Operasi Kondensor (CD-02) 47
Tabel 3.14 Mechanical Design Kondensor (CD-02) 47
Tabel 3.15 Kondisi Operasi Kondensor (CD-03) 48
Tabel 3.16 Mechanical Design Kondensor (CD-01) 48
Tabel 3.17 Kondisi Operasi Reboiler (RB-01) 49
Tabel 3.18 Mechanical Design Reboiler (RB-01) 49
Tabel 3.19 Kondisi Operasi Reboiler (RB-02) 50
Tabel 3.20 Mechanical Design Reboiler (RB-02) 50
Tabel 3.21 Kondisi Operasi Cooler (CL-01) 51
Tabel 3.22 Mechanical Design Cooler (CL-01) 51
Tabel 3.23 Neraca Massa Total 52
Tabel 3.24 Neraca Massa di Reaktor (R-01) 52
Tabel 3.25 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01) 52
Tabel 3.26 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02) 53
Tabel 3.27 Neraca Massa di Purging 53
Tabel 3.28 Neraca Massa di Tangki Penyimpanan (T-01) 53
Tabel 3.29 Neraca Massa di Vaporizer (V-01) 54
Tabel 3.30 Neraca Massa di Separator 54

Tabel 3.31 Neraca Panas di Mix Point 54
Tabel 3.32 Neraca Panas di Vaporizer (V-01) 55
Tabel 3.33 Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-01) 55
Tabel 3.34 Neraca Panas di Reaktor (R-01) 55
Tabel 3.35 Neraca Panas di Waste Heat Boiler 56
Tabel 3.36 Neraca Panas di Kondensor (CD-01) 56
Tabel 3.37 Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01) 56
Tabel 3.38 Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-02) 57
Tabel 3.39 Neraca Panas di Cooler (CL-01) 57
Tabel 4.1 Rincian area bangunan pabrik 66
Tabel 4.2 Pembagian Shift Karyawan 85
Tabel 4.3 Rincian Penggolongan Jabatan 86
Tabel 4.4 Daftar Gaji Karyawan 88
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin 104
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pemanas 106
Tabel 5.3 Total Kebutuhan Air 107
Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Proses 109
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas 109
Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik 110
Tabel 5.7 Pompa Utilitas 114
Tabel 6.1 Kesimpulan evaluasi ekonomi 129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor akrilonitril Indonesia 5
Gambar 1.2 Grafik kebutuhan impor akrilonitril di beberapa negara pada tahun 2012-2021 8
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif 28
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif 29
Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik 59
Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1 : 1000 67
Gambar 4.3 Jarak antar alat proses 69
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan 73
Gambar 5.1 Diagram Alir Air Utilitas 113
Gambar 6.1 Grafik untuk menentukan Break Even Point (BEP) 129

ABSTRAK

Akrilonitril adalah bahan kimia yang banyak dimanfaatkan dalam menunjang pembangunan di sektor industri, yaitu sebagai bahan kimia dalam pembuatan polimer seperti *acrylic fibre*, termoplastik, *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), dan *Stryrene Acrylonitrile* (SA), karet sintetik, dan juga *adiponitrile*. Bahan baku pembuatan akrilonitril berupa etilen sianohidrin (C_3H_5NO) 99% dan air (H_2O) 1 %, kemudian produk yang dihasilkan yaitu akrilonitril 99% dalam fase cair. Pabrik akrilonitril direncanakan akan didirikan pada kawasan industri kota Cilegon, provinsi Banten, pada tahun 2027 dengan luas tanah yang dibutuhkan 37.220 m^2 dan jumlah karyawan sebanyak 198 orang. Kapasitas pabrik akrilonitril yang akan dibangun adalah 70.000 ton/tahun dan dirancang beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Pembuatan akrilonitril dilakukan melalui proses dehidrasi etilen sianohidrin dengan 3 tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, pembentukan produk, dan pemurnian produk. Pada tahap persiapan bahan baku, etilen sianohidrin dialirkan ke *vaporizer* untuk diuapkan dan dipanaskan. Pada tahap pembentukan produk, etilen sianohidrin yang telah diuapkan dialirkan ke dalam reaktor *fixed bed multitube*, dengan kondisi proses non isotermal, non adiabatis, dan kondisi operasi 250°C-350°C dengan tekanan 1,5 atm. Reaksi berlangsung pada fase gas dengan menggunakan katalis alumina. Pada tahap pemurnian produk, larutan akrilonitril yang terbentuk dimurnikan dengan menara distilasi untuk memperoleh larutan akrilonitril 99%. Proses produksi dan operasional pabrik didukung oleh unit penunjang berupa air sebesar 956.502,2731 kg/jam, air *make up* 5.274,5769 kg/jam, listrik PLN 467,299 kW dengan cadangan generator 600 kW, bahan bakar 117,5252156 liter/jam, dan udara tekan 31,77504 m^3/jam. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi *line and staff*. Hasil analisis ekonomi menunjukkan pabrik ini membutuhkan *Fixed Capital Investment* (FCI) Rp. 753.722.547.094 dan *Working Capital* Rp. 1.744.443.519.753. Analisis kelayakan pabrik akrilonitril menunjukkan nilai *Return of Investmen* (ROI) sebelum pajak 48,36 %, *Return of Investmen* (ROI) setelah pajak 38,69%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,71 tahun, P*ay Out Time* (POT) setelah pajak 2,05 tahun, *Break Even Point* (BEP) 41,12 %, *Shut Down Point* 25,30 %, *Discounted Cash Flow* (DCF) 23,44%. Dari hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik akrilonitril layak untuk didirikan.

Kata kunci: akrilonitril, aluminium oksida, dehidrasi, etilen sianohidrin.

ABSTRACT

Acrylonitrile is a chemical that is widely used to support development in the industrial sector, namely as a chemical in the manufacture of polymers such as acrylic fiber, thermoplastic, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), and Stryrene Acrylonitrile (SA), synthetic rubber, and also adiponitrile. The raw materials for the manufacture of acrylonitrile are 99% ethylene cyanohydrin (C_3H_5NO) and 1% water (H_2O), then the resulting product is 99% acrylonitrile in the liquid phase. The acrylonitrile plant is planned to be established in the industrial area of Cilegon city, Banten province, in 2027 with the required land area of 37,220 m^2 and the number of employees as many as 198 people. The capacity of the acrylonitrile plant to be built is 70,000 tons/year and is designed to operate for 330 days a year. The manufacture of acrylonitrile is carried out through the dehydration process of ethylene cyanohydrin with 3 stages, namely the preparation of raw materials, product formation, and product purification. In the raw material preparation stage, ethylene cyanohydrin is flowed into a vaporizer to be evaporated and heated. In the product formation stage, the evaporated ethylene cyanohydrin is flowed into a fixed bed multitube reactor, with non isothermal, non adiabatic process conditions, and operating conditions of 250°C-350°C with a pressure of 1.5 atm. The reaction takes place in the gas phase using an alumina catalyst. In the product purification step, the acrylonitrile solution formed is purified by a distillation tower to obtain a 99% acrylonitrile solution. The production process and factory operations are supported by supporting units in the form of water at 956,502,2731 kg/hour, make up water 5,274,5769 kg/hour, PLN electricity 467,299 kW with a backup generator of 600 kW, fuel 117,5252156 liters/hour, and air press 31.77504 m3/hour. The chosen form of company is a Limited Liability Company with a line and staff organizational structure. The results of the economic analysis show that this factory requires a Fixed Capital Investment (FCI) of Rp.753,722,547.094 and Working Capital Rp 1,744,443,519,753. The feasibility analysis of the acrylonitrile plant shows the Return of Investment (ROI) before tax 48.36 %, Return of Investment (ROI) after tax 38.69%, Pay Out Time (POT) before tax 1.71 years, Pay Out Time (POT)) after tax 2.05 years, Break Even Point (BEP) 41.12%, Shut Down Point 25.30%, Discounted Cash Flow (DCF) 23.44%. From the results of the economic analysis, it can be concluded that the acrylonitrile plant is feasible to build.

Keywords: acrylonitrile, aluminium oxide, dehydration, ethylene cyanohydrin.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akrilonitril (C_3H_3N) merupakan salah satu bahan kimia organik yang banyak dimanfaatkan secara luas pada industri kimia, selain itu akrilonitril juga bisa disebut sebagai 2-*propenenitrile*, dan vinil sianida. Akrilonitril dapat dimanfaatkan pada industri adiponitril, yaitu untuk industri nilon, karet sintetis, resin, akrilamida, ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) resin sebagai bahan pembuatan plastik, dan serat akrilik pada industri kain akrilik (Cespi et al., 2014).

Akrilonitril dapat disintesis dari bahan baku etilen sianohidrin dengan proses dehidrasi. Akrilonitril merupakan salah satu senyawa organik terpenting dalam industri kimia. Selain itu juga, sebagai bahan utama untuk pembuatan serat akrilik, resin sintetis, karet sintetis, dan serat karbon. Serat akrilik biasa digunakan untuk pakaian rajut seperti *sweater* dan kaos kaki. Kemudian resin sintetis digunakan untuk bahan plastik di sepeda, peralatan rumah tangga, barang-barang rumah tangga dan sebagainya. Selanjutnya karet sintetis yang memiliki kemampuan menahan panas, memiliki sifat anti fraksi dan ketahanan kimia, digunakan untuk ban mobil, ban berjalan, dan pengepakan karet. dan serat karbon memiliki sifat "kuat dan ringan" sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan pesawat terbang dan satelit buatan. Ini juga dapat digunakan dalam berbagai macam produk seperti raket tenis dan pancing. Asam hidrosianat yang merupakan produk sampingan dari produksi akrilonitril, merupakan bahan baku utama untuk metil

metakrilat (Kayo Kaiun Co Ltd, n.d.,2022)

Menurut *Global Industry Research*, pada tahun 2022 sampai 2026 kebutuhan akrilonitril diperkirakan akan mengalami peningkatan permintaan, terutama dari industri otomotif. Selain itu, akibat peningkatan akibat konsumsi plastik dalam elektronik, yang selanjutnya akan mempengaruhi laju pertumbuhan pasar. Wilayah Asia-Pasifik diperkirakan akan menjadi segmen pasar regional terbesar untuk akrilonitril. Akibat meningkatnya permintaan mobil, peralatan rumah tangga, peralatan listrik dan elektronik (*MarketWatch*, 2022).

Akrilonitril mempunyai fungsi yang sangat penting untuk menunjang pembangunan di sektor industri, yaitu digunakan sebagai bahan kimia antara (*intermediate*) atau monomer. Hingga saat ini berdasarkan data akrilonitril yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik tahun 2021, di Indonesia sendiri masih sering melakukan impor akrilonitril dari tahun ke tahun, biasanya bahan baku utama seperti akrilonitril berasal dari Jepang, Singapura, dan Amerika.

Dengan didirikannya pabrik akrilonitril di Indonesia, kebutuhan impor Indonesia dapat dikurangi, atau bahkan apabila produksinya melebihi kebutuhan dalam negeri, akrilonitril dapat diekspor ke beberapa negara. Semakin meningkatnya perkembangan industri di Indonesia, maka diperkirakan permintaan bahan baku akrilonitril pada tahun yang mendatang juga akan meningkat. Pendirian pabrik akrilonitril diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akrilonitril di Indonesia. Disamping itu, dengan didirikannya pabrik akrilonitril dapat membuka lapangan kerja baru dan juga diharapkan bisa memicu berdirinya pabrik - pabrik lain yang menggunakan bahan baku akrilonitril.

Saat ini belum ada pabrik yang memproduksi akrilonitril di Indonesia, sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri harus dengan mengandalkan impor dari berbagai negara seperti China, Singapura, Jepang, Korea Selatan dan Amerika Serikat.

Berdasarkan uraian diatas, dengan melihat kebutuhan bahan baku, kesempatan yang ada, dan peluang pasar. Maka pendirian pabrik akrilonitril perlu dilakukan pertimbangan lebih lanjut dalam rangka mengurangi impor akrilonitril yang dimana selalu dilakukan setiap tahunnya. Jadi, dapat disimpulkan pertimbangan yang mungkin bisa dijadikan acuan sebagai alasan pendirian pabrik akrilonitril adalah sebagai berikut :

- Di Indonesia belum ada pabrik akrilonitril yang didirikan. Apabila pabrik akrilonitril ada, maka dipastikan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, tanpa harus mengimpor dari negara luar dan sisanya dapat diekspor ke beberapa negara terutama di kawasan Asia.
- Akrilonitril sangat menunjang dalam pembangunan di sektor industri polimer, resin, dan fiber sintetis yang akan berperan penting dalam ketahanan ekonomi sehingga dapat menghadapi persaingan. Terlebih lagi bahan baku akrilonitril sebagian besar digunakan pada industri resin seperti *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *styrene acrylonitrile* (SAN).
- Perkembangan industri di indonesia yang didukung dengan adanya sumber daya manusia yang berkualitas dan ahli di bidangnya, serta posisi strategis perdagangan dunia, sehingga sangat mendukung untuk didirikannya pabrik akrilonitril di indonesia.

- Untuk mengurangi ketergantungan Impor dengan negara lain, karena selama ini untuk memenuhi kebutuhan bahan baku akrilonitril yang digunakan oleh pabrik serat akrilik dan ABS resin, pemerintah harus mendatangkan bahan baku dari Jepang, Korea Selatan, Belgia, Taiwan, Jerman, Amerika Serikat.
- Mendorong dan memotivasi pendirian pabrik baru di bidang industri, seperti industri kimia. Sehingga nantinya dapat membantu menyediakan bahan baku atau bahan pembantu dalam negeri tanpa harus mengimpor, dimana nantinya diharapkan dapat mengurangi devisa negara sekaligus membuka lapangan kerja baru. untuk pabriknya sendiri misalnya untuk industri nilon, karet sintetis, plastik dan lain-lain.

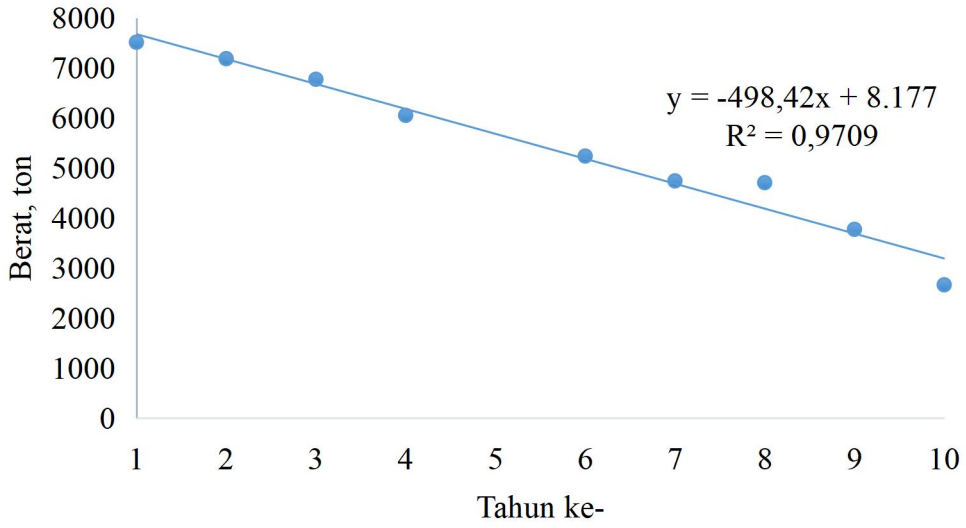
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Tabel 1.1 Data impor akrilonitril Indonesia

Tahun ke-	Tahun	Berat, ton
1	2012	7.516
2	2013	7.188
3	2014	6.776
4	2015	6.055
5		
6	2017	5.241
7	2018	4.744
8	2019	4.709
9	2020	3.776
10	2021	2.667

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Tabel 1.1 Menunjukkan pada tahun 2012-2015 terjadi penurunan rata-rata sebesar 6,91%. Data pada tahun ke-5 dianggap data anomali sehingga dihilangkan. Pada tahun 2017-2021 terjadi penurunan rata-rata sebesar 14,85%. Berdasarkan data pada Tabel 1.1 dilakukan metode regresi linear dan dan didapat grafik pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Impor akrilonitril Indonesia

Dari Gambar 1.1 diperoleh persamaan

$$y = -498{,}42x + 8.177 \quad (1.1)$$

Kebutuhan impor Indonesia pada tahun 2027 atau tahun ke-16 adalah

$y = -498{,}42(14) + 8.177$

y = 202 ton/tahun

Maka prediksi kebutuhan akrilonitril Indonesia pada tahun 2027 sebesar 202 ton/tahun.

Kapasitas pabrik yang akan dibangun harus lebih besar atau sama dengan kapasitas minimal pabrik yang sudah beroperasi (McKetta, 1976). Berikut adalah data kapasitas pabrik akrilonitril di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data kapasitas pabrik akrilonitril di dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas	Sumber
Asahi Kasei	Jepang, Korea Selatan, dan Thailand	960.000	(Oki, 2020)
Ascend	Texas, US	**590.000**	(ICIS, 2018)
INEOS	Green Lake, Texas	545.000	(INEOS, 2022)
Shanghai SECCO	Shanghai, RRT	520.000	(ICIS, 2018)
Jilin Petrochemical	Jilin, RRT	452.000	(ICIS, 2018)
INEOS	Koln, Jerman	320.000	(INEOS, 2022)
Taekwang	Ulsan, Korea Selatan	290.000	(ICIS, 2018)
INEOS	Seal Sands, UK	280.000	(ICIS, 2018)
Formosa	Kaohsiung, Taiwan	280.000	(ICIS, 2018)
INEOS	Tianjin, RRT	260.000	(INEOS, 2013)
Sailboat	Jiangsu, RRT	260.000	(ICIS, 2018)
Tongsuh Petrochemical No.3	Ulsan, Korea Selatan	245.000	(ICIS, 2018)
Tongsuh Petrochemical No.4	Ulsan, Korea Selatan	245.000	(ICIS, 2018)
Cornerstone	Fortier, LA	240.000	(ICIS, 2018)
CPDC	Kaohsiung, Taiwan	240.000	(ICIS, 2018)
Anqing Petrochemical	Anqing, RRT	210.000	(ICIS, 2018)
PTT	Map Ta Phut, Thailand	200.000	(ICIS, 2018)
INEOS	Lima, Ohio	190.000	(INEOS, 2022)

Tabel 1.2 (Lanjutan)

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas	Sumber
Lukoil Neftochim	Burgas, Bulgaria	190.000	(Lukoil, 2014)
Lukoil	Saratov, Russia	150.000	(ICIS, 2018)
Keluer Chemical	Dongying, RRT	130.000	(ICIS, 2018)
Fushun Petrochemical	Liaoning, RRT	92.000	(ICIS, 2018)
Acrilonitrila do Nordeste	Camacari, Brasil	90.000	(EMIS, 2021)
Qilu Petrochemical	Zibo, RRT	80.000	(ICIS, 2018)
Daqing Petrochemical	Daqing, RRT	80.000	(ICIS, 2018)
Sumitomo Chemical	Niihama, Emihe Pref, Jepang	**70.000**	(ICIS, 2018)

Dari Tabel 1.2 terlihat bahwa kapasitas produksi minimum adalah 70.000 ton/tahun dan kapasitas produksi maksimum 590.000 ton/tahun. Sehubungan dengan itu, kapasitas pabrik yang akan dibangun dapat diperkirakan berdasarkan permintaan penggunaan, kapasitas produksi yang sudah beroperasi dan jumlah ekspor yang diinginkan.

1.2.1 Data Impor Akrilonitril di beberapa negara

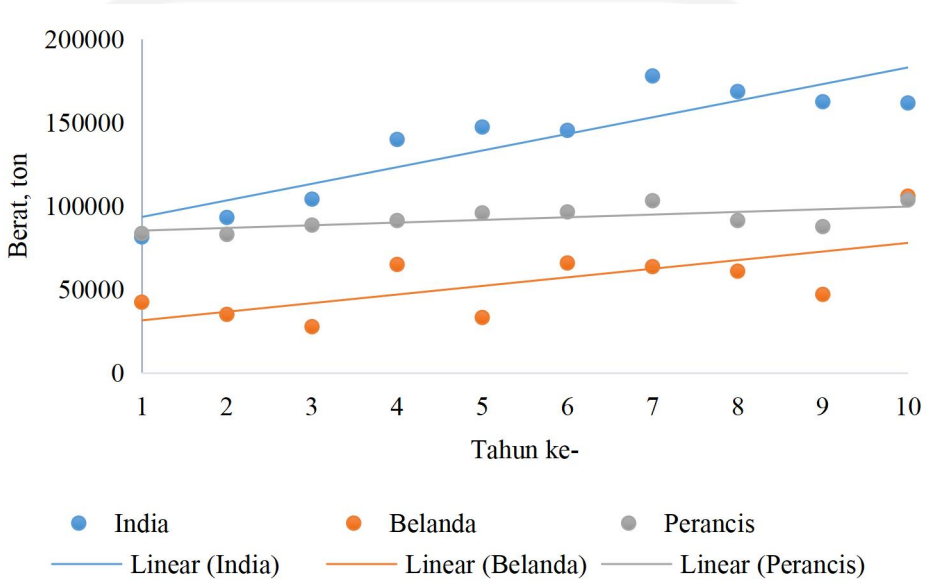
Data impor akrilonitril dari tahun 2012-2021 oleh beberapa negara seperti India, Belanda, dan Perancis dapat dilihat pada Tabel 1.3 dengan kecenderungan impor tiap tahunnya mengalami kenaikan.

Tabel 1.3 Kebutuhan impor akrilonitril di beberapa negara

Tahun ke-	Tahun	India (ton/th)	Belanda (ton/th)	Perancis (ton/th)
1	2012	81.337	42.279	83.420
2	2013	93.034	34.983	82.868
3	2014	104.017	27.609	88.461
4	2015	139.764	64.881	91.194
5	2016	147.212	33.124	95.779
6	2017	145.196	65.766	96.360
7	2018	177.796	63.582	103.081

Tabel 1.3 (Lanjutan)

Tahun ke-	Tahun	India (ton/th)	Belanda (ton/th)	Perancis (ton/th)
8	2019	168.481	60.858	91.185
9	2020	162.358	46.942	87.555
10	2021	161.617	105.798	103.544



Gambar 1.2 Grafik kebutuhan impor akrilonitril di beberapa negara pada tahun 2012-2021

Dari Gambar 1.2 dibuat regresi linier, didapat perkiraan impor beberapa negara pada tahun 2027 yang dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Prediksi kebutuhan impor akrilonitril dibeberapa negara

Negara	Kebutuhan Impor (ton)
India	242.585
Belanda	108.697
Perancis	109.131
Total	460.413

1.2.2 Informasi Konsumsi Akrilonitril di Indonesia

Data estimasi konsumsi akrilonitril di Indonesia berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari kapasitas produksi pabrik yang membutuhkan akrilonitril

sebagai bahan baku. Persentase kebutuhan akrilonitril pada masing-masing produk diperoleh dari data United States Environmental Protection Agency, dimana kebutuhan akrilonitril untuk PVC resin adalah 2,9%, kebutuhan akrilonitril untuk pembuatan ABS Resin/SAN adalah 17,1%, dan Akrilik Fiber membutuhkan 37,7%.

Berikut data konsumsi akrilonitril di Indonesia dapat di lihat pada tabel 1.5

Nama Pabrik	**Produk**	**Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)**	**Kebutuhan Akrilonitril (Ton/Tahun)**
PT.Asahimas Chemical	PVC Resin	320.000	9.280
PT. Eastern Polymer	PVC Resin	36.000	1.044
PT.Standard Toyo Polymer	PVC Resin	176.000	5.104
PT.Thai Petrochemical	PVC Resin	6.000	174
PT. ABS Indonesia	ABS Resin	25.000	4.275
PT. Arbe Styrindo	ABS Resin	15.000	2.565
PT. Arbe Styrindo	SAN	30.000	5.130
PT. Graha Swakarsa Prima	ABS Resin	15.000	2.565
PT. Graha Swakarsa Prima	SAN	10.000	1.710
PT. Hamparan Redjeki	Acrylic Fiber	40.000	15.080
PT. Arindo Nusa Fiber	Acrylic Fiber	100.000	37.700
PT. Asia Pasific Fiber	Acrylic Fiber	54.000	20.358
PT.Arindo Pasific Chemical	Acrylic Resin	3.600	43,2
PT. Avia-Avian	Acrylic Resin	2.500	30

Tabel 1.5 (Lanjutan)

PT. Biporin Agung	Acrylic Resin	3.600	43,2
PT. Diachem Resin Indonesia	Acrylic Resin	3.600	43,2
PT. Gajah Tunggal Prakarsa	Acrylic Resin	4.000	48
PT.Gyung Do Indonesia	Acrylic Resin	3.600	43,2
PT. Latexia Indonesia	Acrylic Resin	4.800	57,6
PT. Mitra Mulia Makmur	Acrylic Resin	1.200	14,4
PT. Pardic Jaya Chemicals	Acrylic Resin	5.000	60
PT. Rohm And Haas Indonesia	Acrylic Resin	10.000	120
PT. Stella Resindo	Acrylic Resin	4.800	57,6
PT. Unimas Chemical & Coating	Acrylic Resin	3.600	43,2
Total		**877.300**	**105.589**

Sumber : *(CCI.com),(BPS.go.id),(Enviromental Protection Agency)*

Kebutuhan akrilonitril di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Namun, hal ini kurang didukung dengan adanya pabrik akrilonitril dalam negeri. Indonesia masih mengimpor akrilonitril dari negara lain, seperti negara-negara dari Eropa dan Amerika. Banyak pabrik-pabrik kimia yang membutuhkan akrilonitril sebagai bahan baku utamanya, diantaranya PT Toray Internasional Indonesia dan PT Dutabudi Tulusrejo yang memproduksi ABS Resin, PT Mitsui

Eterindo yang memproduksi akrilamida dari akrilonitril, dan PT Asahimas Chemical yang memproduksi PVC Resin.

1.2.3 Bahan Baku

Bahan baku utama etilen sianohidrin diperoleh dari Kanto Chemical co., Inc yang berada di Taiwan, dan Shanghai Terppon Chemical Co., Ltd di China.

1.2.4 Sasaran Pasar

Produksi akrilonitril bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian akan diekspor. Akrilonitril banyak dimanfaatkan untuk industri pembuatan serat akrilik, *acrylonitrile-butadiene-styrene resins* (ABS), *styrene-acrylonitrile resins* (SAN). Industri kimia yang menggunakan akrilonitril sebagai bahan bakunya diantaranya adalah

1. Industri A*crylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang diproduksi PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk.
2. Industri A*crylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan S*tyrene Acrylonitrile* (SAN) yang diproduksi PT. Arbe Styrindo Indonesia.
3. Industri A*crylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang diproduksi PT ABS Industri Indonesia.
4. Industri A*crylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan S*tyrene Acrylonitrile (SAN)* yang diproduksi Bhansali Engineering Polymers, Ltd. India.
5. Industri A*crylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang diproduksi oleh Unic Plastech (M) SDN. BHD Malaysia.
6. Industri *Acrylic Fiber* yang diproduksi oleh Thai Acrylic Fibre Co., Ltd. Thailand.

1.2.5 Prediksi Kapasitas

Berdasarkan prediksi impor akrilonitril Indonesia dan beberapa negara pada tahun 2027 dapat dihitung kapasitas pabrik yang akan dibangun. Pabrik ini diinginkan dapat menyumbang 15% dari kebutuhan beberapa negara di atas yang berarti berjumlah 69.062 ton, sedangkan prediksi kebutuhan akrionitril di Indonesia pada tahun 2027 adalah 202 ton. Berdasarkan hal tersebut ditentukan kapasitas pabrik akrilonitril yang akan dibangun adalah 70.000 ton/tahun, sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya dapat di ekspor ke negara lain. Indonesia sendiri belum memiliki pabrik akrilonitril sehingga untuk memenuhi kebutuhannya perlu melakukan impor. Oleh karena itu, dalam perancangan kapasitas pabrik akrilonitril dapat dilakukan dengan menggunakan data impor kebutuhan akrilonitril.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Akrilonitril

Akrilonitril (ACN) juga dikenal sebagai asam akrilat nitril, propilen nitril, vinil sianida, asam propenoat nitril (Grover et al., 2012) adalah salah satu monomer yang paling umum digunakan dalam industri kimia. Lebih dari 14 miliar pound diproduksi setiap tahun untuk digunakan dalam plastik, karet, resin, serat akrilik, dan serat karbon berbasis poliakrilonitril (PAN) (J. M. Thomas et al,. 2014; R. K. Grasselli et al,. 2016 dikutip dalam Karp et al., 2017).

Akrilonitril adalah bahan kimia yang berharga dan merupakan salah satu nitril terpenting yang banyak digunakan sebagai perantara dalam produksi karet sintetis,

resin sintetis, serat karbon, dan akrilik. Akrilonitril terutama digunakan sebagai monomer untuk produksi polimer yang menarik seperti poliakrilonitril, SAN (akrilonitril stirena), ABS (akrilonitril butadiena stirena), ASA (akrilonitril stirena akrilat) dan NBR (akrilonitril butadiena). Semua polimer ini menawarkan banyak kegunaan. Karena ketahanan panasnya yang tinggi, SAN dapat digunakan sebagai pengganti polistiren. ABS adalah termoplastik, lebih kuat dari polistiren murni, dan sifat mekanik utamanya adalah ketahanan benturan dan ketangguhan. Plastik ini digunakan dalam industri otomotif dan barang konsumsi. Ini juga digunakan dalam produksi serat akrilik, dan dimerisasinya menghasilkan adiponitril, yang digunakan dalam sintesis poliamida. Akrilonitril juga dapat digunakan sebagai prekursor dalam produksi bahan kimia penting seperti akrilamida atau asam akrilat. Mereka membentuk berbagai homopolimer dan kopolimer. Poliakrilonitril (PAN) adalah prekursor serat karbon untuk aplikasi struktural berkekuatan tinggi mulai dari suku cadang pesawat hingga barang olahraga. Serat karbon berbasis PAN masih menjadi bahan khusus dalam jumlah kecil karena biaya produksinya yang relatif tinggi. Kegunaan lain dari akrilonitril termasuk perekat, inhibitor korosi, dan pengikat vinil klorida, vinilidena klorida, vinil asetat, dan/atau akrilat dalam cat dan resin pelapis (Guerrero-pérez & Banares, 2015). Menurut (Grover et al., 2012) akrilonitril digunakan sebagai:

- Bahan baku pembuatan serat sintetis, plastik, dan karet sintetis. Salah satu alasan mengapa akrilonitril sangat serbaguna adalah karena dapat membentuk kopolimer dengan senyawa tak jenuh lainnya seperti stirena dan butadiena.

- Bahan baku untuk asam akrilat, ester akrilik, akrilamida, dan serat karbon. Sintesis senyawa untuk produksi perekat, antioksidan, pengikat zat pewarna dan pengemulsi.

1.3.2 Etilen Sianohidrin

Etilen sianohidrin memiliki nama lain yaitu *3-Hydroxypropionitrile*/*2 Cyanoethanol*/*Glycol cyanohydrin*/*Methanolacetonitrile*. Etilen sianohidrin memiliki rumus molekul C_3H_5NO atau $HOCH_2CH_2CN$ dengan berat molekul sebesar 71,08. Etilen sianohidrin adalah cairan tidak berwarna sampai kuning kecoklatan dengan bau yang lemah tenggelam dan bercampur dengan air. Etilen sianohidrin dapat dibuat dengan memanaskan campuran etilena oksida (C_2H_4O) dan hidrogen sianida (HCN) pada suhu $50 - 60℃$. (Buyers Guide Chem, 2022).

1.3.3 Berbagai proses pembuatan akrilonitril

Saat ini terdapat beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk pembuatan produk akrilonitril. Untuk memutuskan proses mana yang harus dipilih, maka perlu memahami beberapa jenis proses pembuatan akrilonitril. Berikut ini adalah tinjauan dari berbagai proses untuk memproduksi akrilonitril :

1. Proses Amoksidasi Propilen

$$2C_3H_{6\,(g)} + 2NH_{3\,(g)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow 2C_3H_3N_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \qquad (1.2)$$

Pada pembuatan akrilonitril dengan proses amoksidasi propilen ini diperkenalkan Sohio *Company* pada pertengahan tahun 1930. Reaktor dengan umpan berupa propilen, ammonia, dan udara beroperasi pada suhu 400℃-510℃ dan tekanan 0,5-2 atm dengan menggunakan katalis *molybdenum oxide*. Proses ini juga menghasilkan produk samping berupa asetonitril, hidrogen sianida dan karbon dioksida. Hasil keluar reaktor dipisahkan dengan menggunakan menara distilasi sehingga dihasilkan akrilonitril dengan kemurnian 99% dan yield yang diperoleh sebesar 80% (Hansora, 2014).

2. Proses Asetilen

$$C_2H_{2(g)} + HCN_{(g)} \xrightarrow{Cu_2Cl_2} C_3H_3N_{(g)} \qquad (1.3)$$

Dalam produksi akrilonitril dengan metode asetilena, reaksi terjadi antara kisaran suhu 400-500°C dalam fase gas dan tekanan atmosfer menggunakan katalis tembaga klorida. Umpan berupa asetilen berlebih dan hidrogen sianida dengan perbandingan molar 10:1, dan rendemen asetilen adalah 80%. Emisi reaktor mengandung akrilonitril, asetilena yang tidak bereaksi, 1-3% HCN, dan banyak produk sampingan berupa vinil klorida, sianobutadiena, dan kloroprena. Keluaran dari reaktor ini terakumulasi pada katalis, mengurangi aktivitas katalitik besi klorida, dan mempersulit pemurnian dalam proses akhir. Adanya air dalam reaksi ini menghasilkan produk samping, sehingga reaksi ini harus dilakukan dengan menggunakan reaktan dan katalis anhidrat (bebas air) (Hansora, 2014).

3. Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin

$$C_3H_5NO_{(g)} \xrightarrow{Al_2O_3} C_3H_3N_{(g)} + H_2O_{(g)} \quad (1.4)$$

Dalam produksi akrilonitril dengan proses dehidrasi etilen sianohidrin, reaksi berlangsung dalam fase cair atau gas dalam kisaran suhu 250-350°C dan pada tekanan atmosfer dengan bantuan katalis alumina. Outlet reaktor adalah campuran heterogen etilen sianohidrin, 7akrilonitril, dan air, membentuk dua lapisan. Lapisan atas adalah akrilonitril yang mengandung air terlarut, dan lapisan bawah adalah air yang mengandung sejumlah kecil akrilonitril dan etilen sianohidrin. Setiap lapisan kemudian dimurnikan dalam kolom distilasi. Produk terbaik dari kolom distilasi adalah akrilonitril dengan kemurnian 99% dan yield sebesar 90% (Hansora, 2014).

Tabel 1.6 Perbandingan proses dehidrasi etilen sianohidrin, proses asetilena, dan proses amoksidasi propilen

Keterangan	Proses Amoksidasi Propilen	Proses Asetilen	Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin
Penyimpanan bahan baku	Perlu serangkaian sistem refrigerasi	Tidak ada penanganan khusus	Tidak diperlukan penanganan khusus
Kondisi operasi	T = 400-510°C P = 0,5-2 atm	T = 400-500°C P = 1 atm	T = 250-350°C P = 1 atm
Yield, %	80%	80%	90%
Bahan baku	Propena dan Amonia	Asetilen dan Hidrogen sianida	Etilen sianohidrin
Katalis	*bismuth-molybdenum oxide*	*Cuprous chloride*	Alumina

Tabel 1.6 (Lanjutan)

Produk samping	Ada (HCN, asetonitril, akrolein, *succinic nitrile*, dan uap air)	Ada (Asetaldehida, vinilasetilena, *divinyl acetylene*, laktonitril, dan lain-lain)	Tidak ada
Proses pemurnian	Lebih banyak dan rumit karena banyaknya produk samping	Lebih banyak dan rumit karena banyaknya produk samping	Sederhana

Berdasarkan Tabel 1.6 untuk memproduksi akrilonitril dipilih proses dehidrasi etilen sianohidrin karena menghasilkan nilai potensial ekonomi lebih besar dan secara teknis menghasilkan yield yang lebih tinggi dibanding proses lainnya.

1.3.4 Nilai Potensi Ekonomi Pada Perbandingan Proses

Potensi Ekonomi merupakan perhitungan secara ekonomi yang berdasarkan pada harga bahan baku dan produk. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses tersebut menguntungkan atau tidak. Data harga bahan baku serta produk dapat dilihat pada tabel 1.7.

Tabel 1.7 Harga Bahan baku dan Produk

Bahan	Berat Molekul (Kg/Kmol)	Harga ($/Kg)
C_3H_3N	53	2,1319
C_3H_5NO	71	1,01
C_2H_2	26	1,2517
HCN	27	1,7651
C_3H_6	42	1,1749
NH_3	17	1,7307

(www.bps.go.id, 2022)

Dari data diatas dapat diketahui potensi ekonomi (PE) dari setiap proses yang ada

dengan menggunakan persamaan:

PE + (BM produk * Harga Produk) - (BM bahan Baku * Harga bahan baku)

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka dapat diketahui potensi ekonomi (PE) dari setiap proses yang ada.

a. Proses Etilen Sianohidrin

PE = Σ (BM C_3H_3N * Harga C_3H_3N) - Σ (BM C_3H_5NO * Harga C_3H_5NO)

= {(53 Kg/Kmol * $2,1319 / Kg)} - {(71 Kg/Kmol * $1,01 / Kg)}

PE = $ 41,2807/Kmol

b. Proses Amoksidasi Propilen

PE = Σ (BM C_3H_3N * Harga C_3H_3N) - Σ (BM C_3H_6 * Harga C_3H_6)

+ (BM NH_3 * Harga NH_3)

= {(53 Kg/Kmol * $2,1319 / Kg)} - {(42 Kg/Kmol * $1,1749/Kg)

+ (17 Kg/Kmol * $1,7307/Kg)}

PE = $34,233/Kmol

c. Proses Asetilen

PE = Σ (BM C_3H_3N * Harga C_3H_3N) - Σ (BM C_2H_2 * Harga C_2H_2)

+ (BM HCN * Harga HCN)

= {(53 Kg/Kmol * $2,1319 / Kg)} - {(26 Kg/Kmol * $1,2517/Kg)

+ (27 Kg/Kmol * $1,7651/Kg)}

PE = $32,7888/ Kmol

Tabel 1.8 Matriks Pemilihan Proses

Spesifikasi	Proses Etilen Sianohidrin	Proses Amoksidasi Propilen	Proses Asetilen
	Deskripsi	**Deskripsi**	**Deskripsi**
Bahan Baku			
Fase	Cair	Gas	Cair
Kemurnian	99%	Tidak diketahui	Tidak diketahui
Impurities	H_2O	Tidak diketahui	Tidak diketahui
Proses			
Reaktor	*Fixed Bed Multitube*	*Fixed Bed Multitube*	*Fixed Bed Multitube*
Suhu (°C)	250-350	400-510	400-500
Tekanan	1 atm	0,5-2 atm	1 atm
Yield	90%	80%	80%
Harga Katalis	200 ($/Tom)	380($/Ton)	5500($/Ton)
Produk			
Fase	Cair	Cair	Cair
Ekonomi			
PE ($/Kmol)	41,2807	34,233	32,7888

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Reaksi untuk menghasilkan akrilonitril dilakukan pada suhu 250-350°C dan tekanan atmosfer. Untuk mengetahui apakah reaksi spontan dan membutuhkan panas, maka perlu mencari nilai entalpi dan energi Gibbs dari reaksi berikut :

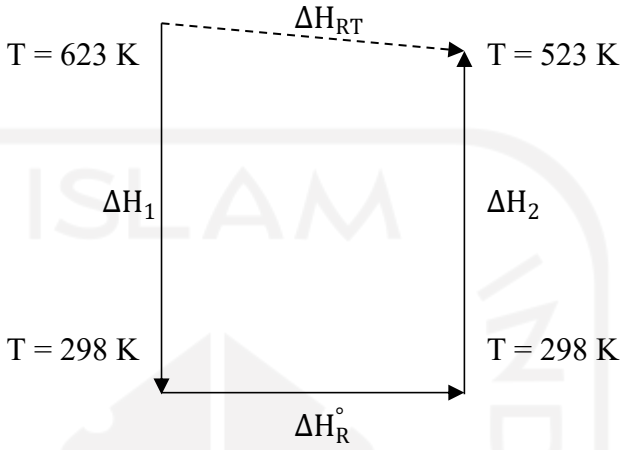
$$C_3H_5NO_{(g)} \xrightarrow{Al_2O_3} C_3H_3N_{(g)} + H_2O_{(g)} \quad (1.5)$$

Jenis katalis : Alumina

Suhu : 250°C - 350°C

Tekanan : 1 atm

Menentukan ΔH_{total}



Tabel 1.9 Data $H^{\circ}_{f\,298}\ dan\ G^{\circ}_{f\,298}$

Komponen	$\Delta H^{\circ}_{f\,298}$ (Joule/mol)	$\Delta G^{\circ}_{f\,298}$ (Joule/mol)
C_3H_3N	180.600	191.100
H_2O	-241.800	-228.600
C_3H_5NO	-98.300	-35.400

(Yaws, 2003)

a. Menghitung ΔH°_{R}

$$\Delta H^{\circ}_{R\ 298} = \sum \Delta H^{\circ}_{f\ 298\ produk} - \sum \Delta H^{\circ}_{f\ 298\ reaktan}$$

$$= [180.600\ \text{Joule/mol} + (-241.800\ \text{Joule/mol})] - [-98.300\ \text{Joule/mol}]$$

$$= 37.100\ \text{Joule/mol}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa $\Delta H^{\circ}_{R\ 298}$ nilainya adalah 37.100 Joule/mol, sehingga reaksi pembentukan akrilonitril merupakan reaksi endoterm, sehingga perlu menggunakan pemanas.

b. Menghitung ΔH_1 dan ΔH_2

Kapasitas panas gas

$$Cp = A + B\,T + C\,T^2 + D\,T^3 + E\,T^4$$

Keterangan :

Cp = kapasitas panas gas [Joule/(mol.K)]

A, B, C, D, E = koefisien regresi komponen kimia

T = suhu [K]

Tabel 1.10 Nilai kapasitas panas gas

Senyawa	A	B	C	D	E
C_3H_5NO	8,904	0,31056	$-2{,}0843 \times 10^{-4}$	$6{,}327 \times 10^{-8}$	-6.1415×10^{-12}
C_3H_3N	18,425	0,18336	$-1{,}0072 \times 10^{-4}$	$1{,}875 \times 10^{-8}$	$9{,}1114 \times 10^{-13}$
H_2O	33,933	$-8{,}4186 \times 10^{-3}$	$2{,}9906 \times 10^{-5}$	$-1{,}7825 \times 10^{-8}$	$3{,}6934 \times 10^{-12}$

(Yaws, 2003)

$$\Delta H_1 = \int_{623\ K}^{298\ K} \sum Cp_i\ dT$$

$$= \int_{623\ K}^{298\ K} \left(Cp_{C_3H_5NO}\right) dT$$

$$= \int_{623}^{298} \left(8{,}904 + 0{,}31056T - 2{,}0843 \times 10^{-4}T^2 + 6{,}327 \times 10^{-8} - 6{,}1415 \times 10^{-12}\right)\ dT$$

$$= \left(8{,}904T + \frac{0{,}31056}{2}T^2 - \frac{2{,}0843 \times 10^{-4}}{3}T^3 + \frac{6{,}3273 \times 10^{-8}}{4}T^4 - \frac{-6{,}1415 \times 10^{-12}}{5}T^5\right)\Big|_{623}^{298}$$

$$= \left(8{,}904 \times 298 + \frac{0{,}31056}{2} \times 298^2 - \frac{2{,}0843 \times 10^{-4}}{3} \times 298^3 + \frac{6{,}3273 \times 10^{-8}}{4} \times\right.$$

$$298^4 - \frac{6{,}1415\times10^{-12}}{5}\times 298^5\Big) - \Big(8{,}904\times 623 + \frac{0{,}310556}{2}\times 623^2 - \frac{2{,}0843\times10^{-4}}{3}\times 623^3 + \frac{6{,}3273\times10^{-8}}{4}\times 623^4 - \frac{6{,}1415\times10^{-12}}{5}\times 623^5\Big)$$

$$= -\,36.557\ \text{J/mol}$$

$$\Delta H_2 = \int_{298}^{523} Cp_i\, dT$$

$$= \int_{298}^{523} \left(Cp_{C_3H_3N} + Cp_{H_2O}\right) dT$$

$$= \int_{298}^{523} \Big((18{,}425 + 0{,}18336T - 1{,}0072\times10^{-4}T^2 + 1{,}875\times10^{-8}T^3 + 9{,}1114\times10^{-13}T^4\Big) + \Big(33{,}933 - 8{,}4186\times10^{-3}T + 2{,}9906\times10^{-5}T^2 - 1{,}7825\times10^{-8}T^3 + 3{,}6934\times10^{-12}T^4\Big)\Big)\, dT$$

$$= \Big[\Big(18{,}425T + \frac{0{,}18336}{2}T^2 - \frac{1{,}0072\times10^{-4}}{3}T^3 + \frac{1{,}875\times10^{-8}}{4}T^4 + \frac{9{,}1114\times10^{-13}}{5}T^5\Big) + \Big(33{,}933T - \frac{8{,}4186\times10^{-3}}{2}T^2 + \frac{2{,}9906\times10^{-5}}{3}T^3 - \frac{1{,}7825\times10^{-8}}{4}T^4 + \frac{3{,}6934\times10^{-12}}{5}T^5\Big)\Big]\Big|_{298}^{523}$$

$$= \Big[\Big(18{,}425\times 523 + \frac{0{,}18336}{2}\times 523^2 - \frac{1{,}0072\times10^{-4}}{3}\times 523^3 + \frac{1{,}875\times10^{-8}}{4}\times 523^4 + \frac{9{,}1114\times10^{-13}}{5}\times 523^5\Big) + \Big(33{,}933\times 523 - \frac{8{,}4186\times10^{-3}}{2}\times 523^2 + \frac{2{,}9906\times10^{-5}}{3}\times 523^3 - \frac{1{,}7825\times10^{-8}}{4}\times 523^4 + \frac{3{,}6934\times10^{-12}}{5}\times 523^5\Big)\Big] - \Big[\Big(18{,}452\times 298 + \frac{0{,}18336}{2}\times 298^2 - \frac{1{,}0072\times10^{-4}}{3}\times 298^3 + \frac{1{,}875\times10^{-8}}{4}\times 298^4 + \frac{9{,}1114\times10^{-13}}{5}\times 298^5\Big) + (33{,}933\times 298 - \frac{8{,}418\times10^{-3}}{2}\times 298^2 + \frac{2{,}9906\times10^{-5}}{3}\times 298^3 - \frac{1{,}7825\times10^{-8}}{4}\times 298^4 + \frac{3{,}6934\times10^{-12}}{5}\times 298^5\Big)\Big]$$

$$= 25227{,}7341\ \text{J/mol}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_1 + \Delta H_R + \Delta H_2$$

$$= -\,36.557\,\frac{\text{J}}{\text{mol}} + 37.100\,\frac{\text{J}}{\text{mol}} + 25227{,}7341\,\frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

$$= 25770{,}7341\ \text{J/mol}$$

Berdasarkan perhitungan, diketahui bahwa reaksi berjalan endotermis ΔH_T

bernilai positif.

Menentukan ΔG°

$$\Delta G^{\circ}_{f\ 298} = \Delta G^{\circ}_{f\ 298\ produk} - \Delta G^{\circ}_{f\ 298\ reaktan}$$

$$= \left(191.100 + (-228.600)\right) - (-35.400)\ \text{Joule/mol}$$

$$= -37.500 - (-35.400)\ \text{Joule/mol}$$

$$= -2.100\ \text{Joule/mol}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa $\Delta G^{\circ}_{f\ 298}$ adalah -2.100 Joule/mol, sehingga reaksi pembentukan akrilonitril terjadi secara spontan.

Menentukan K_{298}

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{298}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G^{\circ}}{RT} = -\frac{\left(-2.100 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}\right)}{8{,}314 \frac{\text{J}}{\text{mol. K}} \times 298\ \text{K}}$$

$$K_{298} = 2{,}33$$

Karena K > 1 maka pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk, konsentrasi produk lebih besar dari konsentrasi reaktan pada kesetimbangan.

Mencari nilai K_{623} dengan persamaan Van't Hoff

$$\ln \frac{K_{623}}{K_{298}} = \frac{\Delta H^{\circ}_{R}}{R}\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{623}\right)$$

$$K_{623} = K_{298} \exp\left[\frac{\Delta H^{\circ}_{R}}{R}\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{623}\right)\right]$$

$$= 2{,}33 \exp\left[\frac{37.100\ \text{J/mol}}{8{,}314\ \text{J/(mol.K)}}\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{623}\right)\right]$$

$$= 5753{,}256$$

Karena harga K_{623} yang besar, maka reaksi tersebut adalah reaksi searah (irreversibel) ke arah produk.

$$\Delta G^{\circ}_{623} = -\,R\,T\,\ln K_{623}$$

$$= -\,8{,}314\,\frac{J}{mol.K} \times 623\ K \times \ln 5753{,}256$$

$$= 44.843\ J/mol$$

ΔG°_{623} bernilai positif sehingga reaksi berlangsung tidak spontan

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Menurut *National Institute of Standards and Technology* (NIST), dehidrasi etilen sianohidrin adalah reaksi orde satu. Dari sudut pandang kinetik, laju dehidrasi etilen sianohidrin akan meningkat dengan meningkatnya suhu. Berdasarkan persamaan Arrhenius :

$$k = A\,e^{\frac{-Ea}{R\,T}} \qquad (1.6)$$

$$\log k = 13{,}12 - \frac{227{,}1}{2{,}303\,R\,T}$$

Keterangan:

k = konstanta kecepatan reaksi (s^{-1})

A = faktor frekuensi tumbukan

Ea = energi aktivasi (kJ/mol)

R = konstanta gas $\left(8{,}314472 \times 10^{-3}\,\frac{kJ}{mol\ K}\right)$

T = temperatur operasi (250°C-350°C)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Tabel 2.1 Spesifikasi Sifat Fisis Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

Parameter	Produk	Bahan Baku	Bahan Pendukung
	Akrilonitril	Etilen Sianohidrin	Alumina
Rumus molekul	C_3H_3N	C_3H_5NO	Al_2O_3
Berat molekul, g/gmol	53,1	71,80	101,961
Bentuk molekul	Cair, tidak bewarna	Cair, berwarna kekuningan	bubuk kristal putih tidak berbau
Titik lebur, °C	-83,5	-46	2.030
Titik didih, °C	77,3	221	2.977
Flash point, °C	-1	129,4	-
Tekanan uap	12 kPa	10,7 Pa	0 Pa
Densitas	806 kg/m^3	1,0404 g/ml	3.987 g/cm^3
Kemurnian	99% akrilonitril, 1% air	99% etilen sianohidrin, 1% air	99%

(MSDS, 2022)

2.2 Spesifikasi Sifat Kimia Produk, Bahan Baku, dan Bahan Pendukung

1. Akrilonitril
    - Pada keadaan cair, akrilonitril cenderung untuk berpolimerisasi yang dapat dicegah dengan penambahan fenolik
    - Jika ditambahkan alkali kaustik pekat atau asam sulfat pekat dapat mempercepat polimerisasi sehingga dianggap bersifat eksplosif
    - Akrilonitril tidak korosif, beracun dan mudah terbakar
2. Etilen sianohidrin
    - Mengalami dekomposisi ketika dipanaskan atau dikontakkan

dengan asam dapat menghasilkan asap sianida yang sangat beracun

- Etilen sianohidrin dapat berpolimerisasi di bawah pengaruh basa organik
- Etilen sianohidrin mudah terbakar dan beracun

3. Alumunium oksida

   Aluminium oksida terdapat di alam sebagai berbagai mineral seperti bauksit, korundum, dll. Aluminium oksida digunakan sebagai adsorben, agen pengering dan katalis, serta dalam pembuatan semen gigi dan refraktori. Aluminium oksida bersifat iritasi dan berbahaya terhadap kesehatan.

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality control*) pada pabrik akrilonitril meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

a. Pengendalian kualitas bahan baku

   Pengendalian kualitas bahan baku diperlukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, spesifikasi dari bahan baku harus sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Maka dari itu, sebelum bahan baku dilakukan proses produksi, maka dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku dimana bahan bakunya sudah lolos dalam pengujian kelayakan dilaboratorium. Uji yang dilakukan antara lain adalah uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

b. Pengendalian kualitas proses

Pada beberapa pabrik pengendalian kualitas proses akan lebih banyak menentukan kualitas produk akhir, meskipun bahan baku yang di gunakan untuk keperluan proses produksi bukan berasal dari bahan baku yang berkualitas prima. Namun, jika proses produksi dilakukan dengan sebaik baiknya maka dapat dihasilkan produk dengan kualitas yang baik pula. Pengendalian kualitas produk yang dihasilkan akan lebih baik jika dilakukan dengan menggunakan proses produksi yang sudah disesuaikan dengan pelaksanaan proses produksi di sebuah pabrik tersebut. Pada umumnya pelaksanaan pengendalian kontrol proses produksi di dalam sebuah pabrik dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu :

1) Tahap persiapan.
2) Tahap pengendalian proses
3) Tahap pemeriksaaan akhir

c. Pengendalian Kualitas Produk

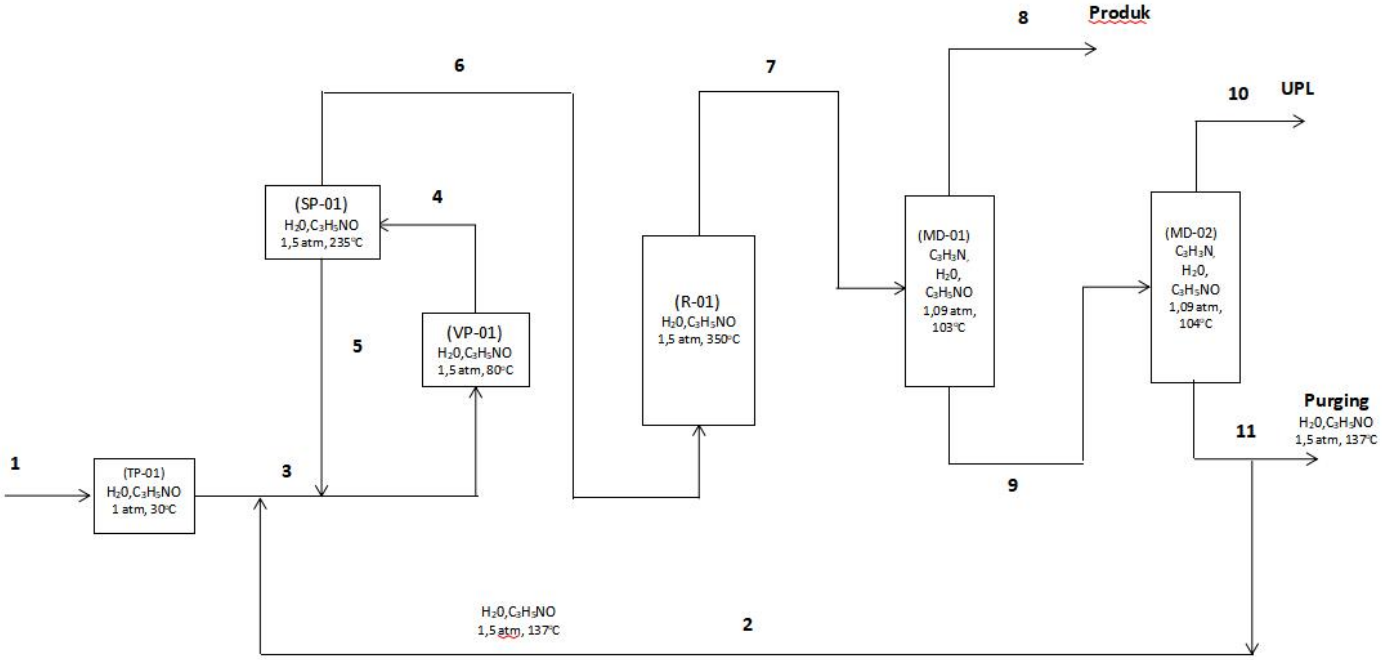
Untuk memperoleh mutu produk yang sesuai standar MSDS (*Material Safety Data Sheet)* maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara sistem kontrol sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai standar yang ada dilakukan uji densitas, viskositas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

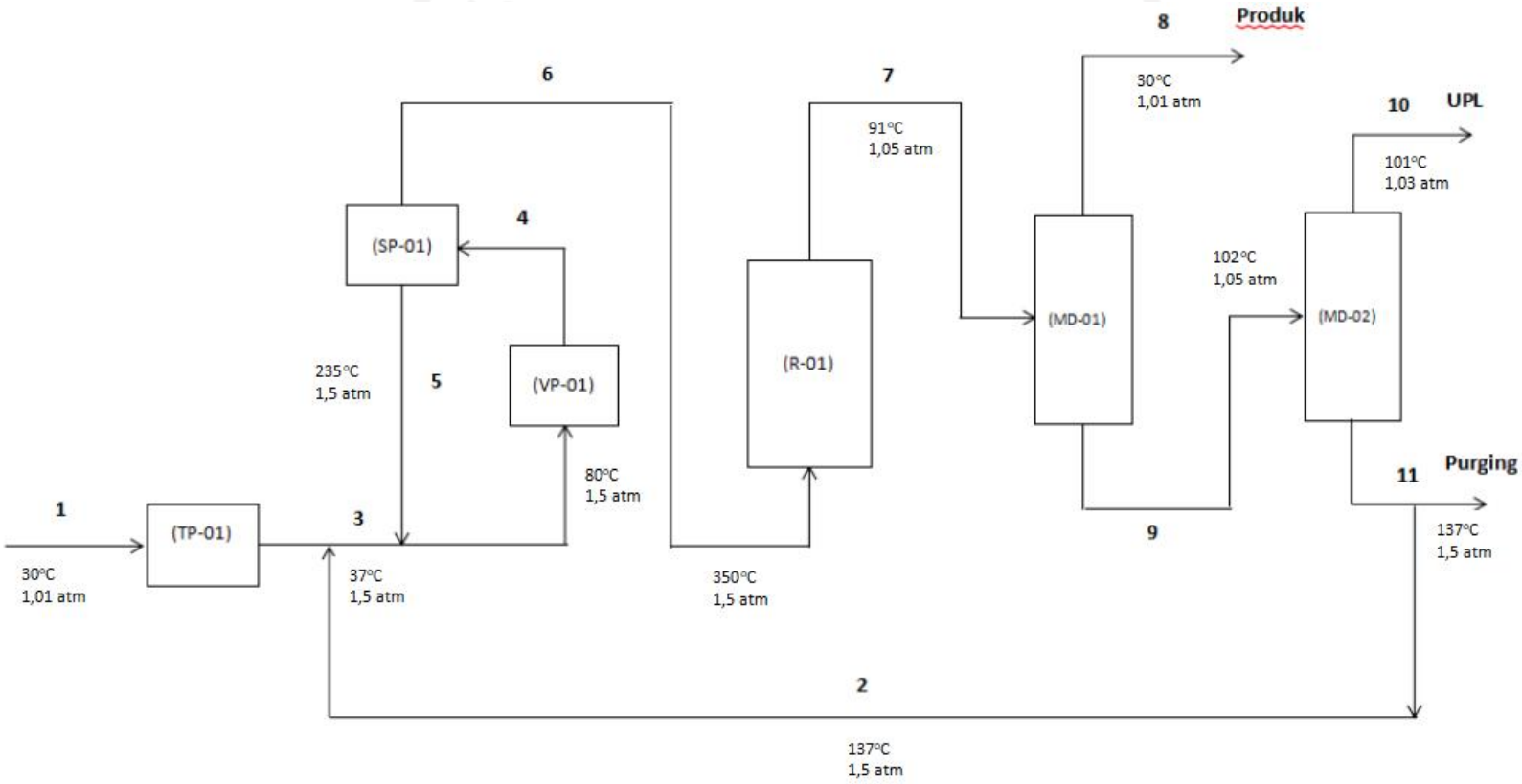
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

Tabel 3.1 Data Neraca Massa Beserta Nomor Arus

No	Komponen	**Nomor Arus (kg/jam)**										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	C_3H_3N							8895,874	8806,916	88,959	88,959	
2.	H_2O	86,560	40,138	126,698	1,587	128,285	126,698	3146,810	31,468	3115,341	3075,203	12,543
3.	C_3H_5NO	12046,434	496,708	12543,143	3254,354	15797,497	12543,143	627,157		627,157	130,449	124,177
Total		12132,995	536,847	12669,841	3255,941	15925,782	12669,841	12669,841	8838,384	3831,457	3294,611	136,720

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Tahap Pemurnian Umpan

Pada tahap pemurnian umpan, etilen sianohidrin (C_3H_5NO) yang merupakan bahan baku ada dalam fase cair serta mempunyai kemurnian 99% dengan air (H_2O) sebagai impuritiesnya. Umpan etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dipompa dari Tangki Penyimpanan (T-01) dengan menggunakan Pompa (P-02) dan dicampur dengan arus *recycle* sehingga didapat suhu campuran, setelah itu umpan dialirkan menuju ke Vaporizer (V-01) untuk diubah fasenya menjadi gas. Sebelum masuk kedalam vaporizer, umpan segar akan dicampur dengan etilen sianohidrin *recycle* yang berasal dari Separator (SP-01). Pada Vaporizer (V-01), etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dipanaskan serta diuapkan. Kemudian dipanaskan kembali dengan menggunakan *Heat Exchanger* (HE-01) dengan menggunakan *steam*. Campuran uap serta cairan yang dihasilkan dari Vaporizer (V-01) masuk kedalam Separator (SP-01) dan di*recycle* kembali ke Vaporizer (V-01) dan uap dari Separator sendiri akan masuk kedalam Reaktor (R-01).

3.2.2 Tahap Dehidrasi

Etilen sianohidrin (C_3H_5NO) yang berada fase uap dialirkan kedalam Reaktor (R-01), disana etilen sianohidrin (C_3H_5NO) akan mengalami proses reaksi dehidrasi menjadi akrilonitril (C_3H_3N) dan air (H_2O) melalui persamaan reaksi:

$$C_3H_5NO_{(g)} \xrightarrow{Al_2O_3} C_3H_3N_{(g)} + H_2O_{(g)} \quad (1.7)$$

Hasil reaksi dari proses ini yaitu berupa akrilonitril (C_3H_3N), air (H_2O) dan impurities lain yang kemudian akan dimasukan kedalam Kondensor (CD-01) untuk diembunkan sebelum dimasukan kedalam Menara Distilasi (MD-01).

3.2.3 Tahap Pemurnian Hasil

Produk akrilonitril yang sudah diembunkan pada Kondensor (CD-01), kemudian dimasukan kedalam Menara Distilasi (MD-01), fungsinya untuk dipisahkan berdasarkan titik didih, sehingga dapat diperoleh produk yang diinginkan. Hasil atas dari Menara Distilasi (MD-01) berupa akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin, kemudian diembunkan kedalam Kondensor (CD-02). Selanjutnya produk dipompa dengan menggunakan bantuan Pompa (P-03), sebagian akan dimasukan kepuncak menara sebagai *recycle* dan sebagian lagi dimasukan kedalam *Cooler* (CL-01). Produk akrilonitril yang masuk *Cooler* (CL-01), kemudian didinginkan dengan menggunakan air pendingin hingga suhu ruangan. Dari *Cooler* (CL-01) produk yang sudah memiliki kemurnian 99% kemudian disimpan kedalam Tangki Penyimpanan produk (T-02) dan siap dipasarkan. Hasil bawah dari Menara Distilasi (MD-01) yang berupa akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin dimasukan kedalam *Reboiler* (RB-01), uap yang keluar dari reboiler kemudian di*recycle* kembali kedalam Menara Distilasi (MD-01), sedangkan untuk cairannya dipompa dengan menggunakan Pompa (P-05) yang akan digunakan sebagai umpan Menara Distilasi (MD-02). Hasil atas dari Menara Distilasi (MD-02) yang berupa akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin diembunkan kedalam Kondenser (CD-03) sebelum nantinya akan dibuang sebagai limbah cair. Hasil bawah dari Menara Distilasi ke-2 (MD-02) yang berupa cairan dipompa dengan menggunakan Pompa (P-07) untuk dicampurkan dengan umpan segar etilen sianohidrin dari Tangki Penyimpanan (TP-01) untuk dipanaskan kedalam Vaporizer (V-01) kembali.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Dehidrasi etilen sianohidrin (C_3H_5NO) menjadi akrilonitril (C_3H_3N) dan air dengan katalis alumina (Al_2O_3)
Jenis/Tipe	: Reaktor *Fixed Bed Multitube*
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga	: Rp. 6.020.379.210

Kondisi Operasi

Suhu, °C	: 350
Tekanan, atm	: 1,5
Kondisi Proses	: non-isotermal, non-adiabatis

Konstruksi dan Material

Bahan konstruksi	: Baja Karbon A285
Diameter (ID) shell, m	: 7,341
Tebal shell, in	: 0,354
Tinggi total, m	: 21,871
Jenis head	: *Ellipsoidal*

Insulasi

Bahan	: *Glass fiber*

Konduktivitas panas, W/m.K : 0,043

Tebal isolasi, m : 0,997

Tabel 3.2 Spesifikasi Khusus Reaktor

Reaktor *Fixed Bed Multitube*	a.	Jenis katalis	Alumina (Al_2O_3)
	b.	Bentuk katalis	Butiran
	c.	Ukuran katalis, mm	7,600
	d.	Tinggi tumpukan, m	19,562
	e.	Porositas tumpukan	0,8
	f.	WHSV, /jam	$1{,}249 \times 10^{-5}$
	g.	*Pressure drop* di sepanjang tumpukan katalis,atm	0,479
	h.	Dimensi tube (bahan konstruksi, diameter,panjang, jumlah, tipe dan ukuran pitch)	• Baja Karbon • Tipe : A 285 • Diameter dalam : 52,502 mm • Diameter luar : 60,452 mm • Jumlah pipa : 6.066 batang • Ukuran pitch : 0,076 m
	i.	Jenis pemanas	*Superheated Steam*
	j.	Kebutuhan pemanas	40.000 kg/jam

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

1. Menara Distilasi

Nama dan kode : Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan akrilonitril (C_3H_3N) dari etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dan air (H_2O)

Jenis : *Multistage Distillation*

Tipe : *Tray*

Material : Baja Karbon A285

Kondisi operasi

a. Umpan : Suhu = 91°C; Tekanan = 1,05 atm

b. Distilat : Suhu = 79°C; Tekanan = 1,01 atm

c. *Bottom* : Suhu = 104°C; Tekanan = 1,09 atm

Spesifikasi

Shell

a. Diameter : 2,134 m

b. Tinggi : 21,656 m

c. Tebal : 3/16 in

d. Material : Baja Karbon A285

Head

a. Jenis : *Ellipsoidal*

b. Tebal : 3/16 in

c. Material : Baja Karbon A285

Tray

a. Jenis tray : *Sieve*
b. Feed plate : 22
c. Jumlah plate aktual : 42
d. Susunan hole : Triangular
e. Diameter hole : 3/16 in
f. Jumlah tray : 42
g. Tray spacing : 0,45
h. Jumlah lubang : 17.840

Jumlah : 1

Harga : Rp. 5.992.720.500

2. Menara Distilasi

Nama dan kode : Menara Distilasi (MD-02)

Fungsi : Memungut etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dari *bottom* menara distilasi (MD-01)

Jenis : *Multistage Distillation*

Tipe : *Tray*

Material : Baja Karbon A285

Kondisi operasi

a. Umpan : Suhu = 102°C; Tekanan = 1,05 atm
b. Distilat : Suhu = 101°C; Tekanan = 1,03 atm
c. *Bottom* : Suhu = 137°C; Tekanan = 1,5 atm

Spesifikasi

Shell

a. Diameter : 0,914 m
b. Tinggi : 6,795 m
c. Tebal : 3/16 in
d. Material : Baja Karbon A285

Head

a. Jenis : *Ellipsoidal*
b. Tebal : 3/16 in
c. Material : Baja Karbon A285

Tray

a. Jenis tray : *Sieve*
b. Feed plate : 5
c. Jumlah plate aktual : 9
d. Susunan hole : Triangular
e. Diameter hole : 3/16 in
f. Jumlah tray : 9
g. Tray spacing : 0,45
h. Jumlah lubang : 3.277

Jumlah : 1

Harga : Rp. 1.229.276.000

3. Separator

Nama dan kode : Separator (SP-01)

Fungsi : Memisahkan uap dan cairan yang berasal dari vaporizer (V-01)

Jenis : Silinder *vertical*

Material : Baja Karbon A285

Kondisi operasi : Suhu = 235°C; Tekanan = 1,5 atm

Spesifikasi

Shell

a. Tinggi : 2,880 m

b. Tebal : 3/16 in

c. Diameter luar : 1,112 m

Head

a. Tinggi : 0,004 m

b. Tebal : 3/16 in

Jumlah : 1 unit

Harga : Rp. 86.049.320

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tangki	T-01	T-02
Fungsi peruntukan alat	Menyimpan bahan baku C_3H_5NO	Menyimpan produk C_3H_3N
Lama penyimpanan	30 hari	30 hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah tangki	1	1
Jenis tangki	Silinder *vertical*	Silinder *vertical*
Kondisi operasi	Suhu (°C) : 30 Tekanan (atm) : 1,01	Suhu (°C) : 30 Tekanan (atm) : 1,01
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : Baja Karbon A285 Volume tangki (m^3) : 10.114 Diameter (m) : 42,672 Tinggi (m) : 7,315 Jumlah *course* : 4 Tebal *shell* (in) : ¼ ¼ 0,35 0,47	Bahan Konstruksi : Baja Karbon A285 Volume tangki (m^3) : 25.875 Diameter (m) : 60,960 Tinggi (m) : 9,144 Jumlah *course* : 5 Tebal *shell* (in) : ¼ 0,32 0,50 0,67 0,85
Head & Bottom	*Conical* Tebal head (in) : 3/16 *Flat* Tebal bottom (in) : 3/16	*Conical* Tebal head (in) : 3/16 *Flat* Tebal bottom (in) : 3/16
Harga (rupiah)	11.247.875.400	20.676.422.320

Tabel 3.3 (Lanjutan)

Akumulator	AC-01	AC-02
Fungsi peruntukan alat	Menampung sementara hasil embunan yang berasal dari kondensor (CD-02) berupa campuran akrilonitril dan air.	Menampung sementara hasil embunan yang berasal dari kondensor (CD-03) berupa campuran akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin.
Lama penyimpanan	10 menit	10 menit
Fasa	Cair	Cair
Jumlah akumulator	1	1
Jenis akumulator	Silinder horizontal	Silinder horizontal
Kondisi operasi	Suhu (°C) : 79 Tekanan (atm) : 1,01	Suhu (°C) : 101 Tekanan (atm) : 1,03
Spesifikasi	Volume embunan, V_l (m^3) : 5,385 Volume akumulator (m^3) : 6,462 Diameter tangki (m) : 1,5 Panjang tangki (m) : 4,5 Bahan kontruksi : Baja karbon A285	Volume embunan, V_l (m^3) : 0,583 Volume akumulator (m^3) : 0,699 Diameter tangki (m) : 1 Panjang tangki (m) : 3 Bahan kontruksi : Baja karbon A285
Harga (rupiah)	138.293.550	38.414.875

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3.4 Spefikasi Alat Transportasi Bahan

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Memompa bahan baku etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan T-01	Memompa bahan baku etilen sianohidrin (C_3H_5NO) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju vaporizer (V-01)	Memompa kondensat dari akumulator (AC-01) menuju ke menara distilasi (MD-01) dan *cooler* (CL-01)	Memompa kondensat dari akumulator (AC-02) menuju ke menara distilasi (MD-02) dan UPL	Memompa cairan dari reboiler (RB-02) menuju ke vaporizer (V-01)	Memompa produk dari tangki produk (T-02) menuju ke tangki penjualan
Nama bahan yang dipompa	Etilen sianohidrin	Etilen sianohidrin	Akrilonitril dan air	Akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin	Akrilonitril, air, dan etilen sianohidrin	Akrilonitril dan air
Viskositas, cP	0,517	0,515	0,221	0,275	0,217	0,320
Densitas fluida, kg/m^3	1.036,413	1.034,650	737,896	979,695	948,625	1.037
Kapasitas, m^3/jam	48,000	11,682	32,309	3,496	0,793	29,949
Pump head, m	7,061	6283	20,665	5,600	5,343	3,442
Suhu fluida, °C	30	30	79	101	137	30
Tekanan, atm	1	1.01	1,01	1,03	1,07	1,01
Instalasi	vertikal	horizontal	horizontal	horizontal	0,217	horizontal
Submersibility	*dry*					
Jenis pompa	Sentrifugal					

Tabel 3.4 (Lanjutan)

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Sch. *Number*	40ST, 40S					
Diameter luar, m	0,168	0,089	0,141	0,060	0,033	0,141
Diameter dalam, m	0,154	0,078	0,128	0,053	0,027	0,128
Luas aliran, m^2	0,019	0,005	0,013	0,002	0,001	0,013
Friction head, m	0,590	0,989	0,484	0,295	0,270	0,221
NPSH, m	10,560	11,363	1,049	1,273	1,835	8,484
Efisiensi pompa, %	70%	61%	67%	48%	38%	68%
Daya penggerak poros, watt	1.366,142	338,901	2.001,713	108,783	28,808	427,763
Daya motor, watt	2.237,100	559,275	3.728,500	372,850	372,850	745,700
Efisiensi motor, %	82%	80%	83%	80%	80%	80%
Kecepatan putar, rpm	500	750	600	750	1500	250
Kecepatan spesifik, rad	0,239	0,193	0.105	0,115	0,114	0.162
Bahan konstruksi	*Commercial steel*					
Jumlah, unit	2					
Harga per unit (rupiah)	63.000.395	59.927.205	61.463.800	59.927.205	59.927.205	61.463.800

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. *Vaporizer (V-01)*

Tabel 3.5 Kondisi Operasi Vaporizer

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida dingin *(light organics)*		Fluida panas *(Steam)*	
Jenis Fluida	Dingin		Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		4.835,487	12.669,841	
Laju alir uap, kg/jam	4.835,487			12.669,841
Suhu, °C	80	235	265	265
Tekanan, atm	1.5	1.5	50,2	50,2

Tabel 3.6 *Mechanical Design Vaporizer*

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	10 ft	*Length*	10 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	16 in	*OD*	0,75 in
Baffle spaces	0,406 m	*Number*	176
		A	32,105 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,024 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	0,002/0,680	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,004/0,340
Rd_{cal}/Rd_{min}	10,962/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	10,962/0,529 m2sK/kJ
Harga	Rp. 367.246.205		

2. *Heat Exchanger (HE-01)*

Tabel 3.7 Kondisi Operasi *Heat Exchanger*

Operating Condition				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida panas *(Steam)*		Fluida dingin *(organic solvents)*	
Jenis Fluida	Panas		Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		1.389,010		
Laju alir uap, kg/jam	1.389,010		12.669,841	12.669,841
Suhu, °C	235	180	256	256
Tekanan, atm	1,28	1,28	43	43

Tabel 3.8 *Mechanical Design Heat Exchanger*

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	12 ft	*Length*	12 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	16 in	*OD*	0,75 in
Baffle spaces	0,406 m	*Number*	176
		A	38,526 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,024 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$		$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	
Rd_{cal}/Rd_{min}	2,306/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	2,306/0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 313.465.380		

3. *Waste Heat Boiler (WHB-01)*

Tabel 3.9 Kondisi Operasi *Waste Heat Boiler*

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida dingin *(Organic solvents)*		Fluida panas *(Steam)*	
Jenis Fluida	Dingin		Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		12.669,841	1.765,484	1.765,484
Laju alir uap, kg/jam	12.669,841			
Suhu, °C	30	150	346	160
Tekanan, atm	4,70	4,70	1,02	1,02

Tabel 3.10 *Mechanical Design Waste Heat Boiler*

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	12 ft	*Length*	12 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	12 in	*OD*	0,75 in
		Number	106
Baffle spaces	0,305 m	*A*	23,203
		BWG	14
		Pitch	0,024 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	-	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	1,74/3,5
Rd_{cal}/Rd_{min}	1,039/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	1,039/0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 414.880.650		

4. Kondensor (CD-01)

Tabel 3.11 Kondisi Operasi Kondensor (CD-01)

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida panas *(Organic Vapors)*		Fluida dingin *(Water)*	
Jenis Fluida	Panas		Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		12.669,841	302.559,828	302.559,828
Laju alir uap, kg/jam	12.669,841			
Suhu, °C	160	90	30	40
Tekanan, atm	1,02	1,02	1	1

Tabel 3.12 *Mechanical Design* Kondensor (CD-01)

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	12 ft	*Length*	12 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	22 in	*OD*	0,75 in
		Number	372
Baffle spaces	0,163 m	*A*	877 ft^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	0,000032/ 0,34022	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,419/ 0,680
Rd_{cal}/Rd_{min}	1,204/ 0,529 m^2 sK /kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	1,204/ 0,529 m^2 sK /kJ
Harga	Rp. 1.436.716.325		

5. Kondensor (CD-02)

Tabel 3.13 Kondisi Operasi Kondensor (CD-02)

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida Panas *(Organic Vapors)*		Fluida Dingin *(Water)*	
Jenis Fluida	Panas		Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		23.840,455	336.688,319	336.688,319
Laju alir uap, kg/jam	23.840,455			
Suhu, °C	78	78	30	40
Tekanan,atm	1,01	1,01	1	1

Tabel 3.14 *Mechanical Design* Kondensor (CD-02)

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	16 ft	*Length*	16 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	24 in	*OD*	0,75 in
		Number	458
Baffle spaces	0,610 m	*A*	133,673 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	0,00009/ 0,340	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,448/0,680
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,627/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	0,627/0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 1.052.567.575		

6. Kondensor (CD-03)

Tabel 3.15 Kondisi Operasi Kondensor (CD-03)

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida panas *(Organic vapors)*		Fluida dingin *(Water)*	
Jenis Fluida	Panas		Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam		3.329,591	173.146,824	173.146,824
Laju alir uap, kg/jam	3.329,591			
Suhu, °C	102	101	30	40
Tekanan,atm	1,03	1,03	1	1

Tabel 3.16 *Mechanical Design* Kondensor (CD-01)

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	12 ft	*Length*	12 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	16 in	*OD*	0,75 in
		Number	176
Baffle spaces	0,406 m	*A*	38,526 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	0,00001/0,34022	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,591/ 0,680
Rd_{cal}/Rd_{min}	1,019/ 0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	1,019/ 0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 268.904.125		

7. *Reboiler* (RB-01)

Tabel 3.17 Kondisi Operasi *Reboiler* (RB-01)

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida dingin *(Light Organics)*		Fluida panas *(Steam)*	
Jenis Fluida	Dingin		Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam	12.277,599	3.831,457		8.429,894
Laju alir uap, kg/jam		8.446,142	8.429,894	
Suhu, °C	103	104	150	150
Tekanan,atm	1,09	1,01	4,7	4,7

Tabel 3.18 *Mechanical Design Reboiler* (RB-01)

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	16 ft	*Length*	16 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	24 in	*OD*	0,75 in
		Number	458
Baffle spaces		*A*	133,673 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	-	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,045/0,680
Rd_{cal}/Rd_{min}	1,116/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	1,116/0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 906.591.050		

9. *Reboiler* (RB-02)

Tabel 3.19 Kondisi Operasi *Reboiler (RB-02)*

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida dingin *(Light Organics)*		Fluida panas *(Steam)*	
Jenis Fluida	Dingin		Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam	4.018,561	721,058		3.752,206
Laju alir uap, kg/jam		3.297,503	3.752,206	
Suhu, °C	102	137	227	227
Tekanan,atm	1,07	1,07	12,39	12,39

Tabel 3.20 *Mechanical Design Reboiler (RB-02)*

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	12 ft	*Length*	12 ft
Passes	2	*Passes*	2
ID	12 in	*OD*	0,75 in
		Number	106
Baffle spaces	0,305	*A*	23,203 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 m
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	-	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,028/0,680
Rd_{cal}/Rd_{min}	1,049/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	1,049/0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 210.513.515		

10. *Cooler* (CL-02)

Tabel 3.21 Kondisi Operasi *Cooler* (CL-01)

Kondisi Operasi				
Posisi	*Shell*		*Tube*	
Fluida	Fluida Panas *(Organic solvents)*		Fluida dingin *(Water)*	
Jenis Fluida	Panas		Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir cairan, kg/jam	23.840,455	23.840,455	48.710	48.710
Laju alir uap, kg/jam				
Suhu, °C	79	40	30	40
Tekanan,atm	1,01	1,01	1	1

Tabel 3.22 *Mechanical Design Cooler* (CL-01)

Mechanical Design			
Shell		*Tube*	
Length	24 ft	*Length*	24 ft
Passes	1	*Passes*	1
ID	34 in	*OD*	0,75 in
		Number	850
Baffle spaces	0,173 m	*A*	372,1256 m^2
		BWG	14
		Pitch	0,025 in
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$, atm	0,084/0,340	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,0010/0,6804
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,988/0,529 m^2sK/kJ	Rd_{cal}/Rd_{min}	0,988//0,529 m^2sK/kJ
Harga	Rp. 1.510.472.885		

3. 4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.23 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C_3H_3N	0,000	8.895,874
H_2O	86,560	3.106,672
C_3H_5NO	12.046,434	130,449
Total	12.132,995	12.132,995

3.4.2 Neraca Massa per Alat

a. Reaktor (R-01)

Tabel 3.24 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C_3H_3N	0,000	8.895,874
H_2O	126,698	3.146,810
C_3H_5NO	12.543,143	627,157
Total	12.669,841	12.669,841

b. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.25 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	*Bottom*
C_3H_3N	8.895,874	8.806,916	88,959
H_2O	3.146,810	31,468	3.115,341
C_3H_5NO	627,157	0,000	627,157
Total	12.669,841	8.838,384	3.831,457
		12.669,841	

c. Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 3.26 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	*Bottom*
C_3H_3N	88,959	88,959	0,000
H_2O	3.115,341	3.075,203	40,138
C_3H_5NO	627,157	130,449	496,708
Total	3.831,457	3.294,611	536,847
		3.831,457	

d. Purging

Tabel 3.27 Neraca Massa di *Purging*

Komponen	kg/jam
C_3H_3N	0,000
H_2O	12,543
C_3H_5NO	124,177
Total	136,720

e. Tangki Penyimpanan (T-01)

Tabel 3.28 Neraca Massa di Tangki Penyimpanan (T-01)

Komponen	kg/jam
C_3H_3N	0,000
H_2O	86,560
C_3H_5NO	12.046,434
Total	12.132,995

f. *Vaporizer* (V-01)

Tabel 3.29 Neraca Massa di *Vaporizer (V-01)*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	T-01	*Recycle* MD-02	
C_3H_3N	0,000	0,000	0,000
H_2O	86,560	40,138	126,698
C_3H_5NO	12.046,434	496,708	12.543,143
Total	12.132,995	536,847	12.669,841
	12.669,841		

g. Separator (SP-01)

Tabel 3.30 Neraca Massa di Separator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Recycle SP-01	R-01
C_3H_3N	0,000	0,000	0,000
H_2O	128,285	1,587	126,698
C_3H_5NO	15.797,497	3.254,354	12.543,143
Total	15.925,782	3.255,941	12.669,841
		15.925,782	

3. 5 Neraca Panas

a. *Mix Point*

Tabel 3.31 Neraca Panas di *Mix Point*

Komponen	Q Masuk (kJ/jam)		Q Keluar (kJ/jam)
	T-01	*Recycle* MD-02	Vaporizer
C_3H_3N	0,000	20.823,530	0,000
H_2O	10.930,684	17.906,125	19.513,226
C_3H_5NO	1.017.051,189	248.905,941	1.296.104,243
Total	1.027.981,873	287.635,596	1.315.617,469
	1.315.617,469		

b. *Vaporizer* (V-01)

Tabel 3.32 Neraca Panas di *Vaporizer* (V-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	773.641.264,718	
Produk		3.118.745,551
Q yang hilang	-764.913.547,594	
Q pemanas	13.507.836,400	5.608.971,573
Total	8.727.717,124	8.727.717,124

c. *Heat Exchanger* (HE-01)

Tabel 3.33 Neraca Panas di *Heat Exchanger* (HE-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	8.271.484,544	
Produk		5.933.128,412
Q yang hilang	-542.498.622,556	
Q pemanas	897.971.883,326	357.811.616,902
Total	363.744.745,314	363.744.745,314

d. Reaktor (R-01)

Tabel 3.34 Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	6.532.394,994	
Produk		6.678.563,072
Q reaksi	2.940.123,274	
Q pemanas	1.398.545,423	1.395.409,773
Total	8.073.972,845	8.073.972,845

e. *Waste Heat Boiler* (WHB-01)

Tabel 3.35 Neraca Panas di *Waste Heat Boiler*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	6.723.709,147	
Produk		2.567.321,509
Q yang hilang	-3.269.973,295	
Q pendingin	36.933,931	923.348,274
Total	3.490.669,783	3.490.669,783

f. Kondensor (CD-01)

Tabel 3.36 Neraca Panas di Kondensor (CD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	14.211.609	
Produk		1.242.421
Q yang hilang	317.644	
Q pendingin	6.325.772	18.977.316
Total	20.219.737	20.219.737

g. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.37 Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	99.494,394	
Produk		104.388,428
$Q_{Reboiler}$-$Q_{Kondensor}$	4.894,034	
Total	104.388,428	104.388,428

h. Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 3.38 Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	77.034,130	
Produk		77.461,394
$Q_{Reboiler}$-$Q_{Kondensor}$	427,264	
Total	77.461,394	77.461,394

i. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3.39 Neraca Panas di *Cooler* (CL-01)

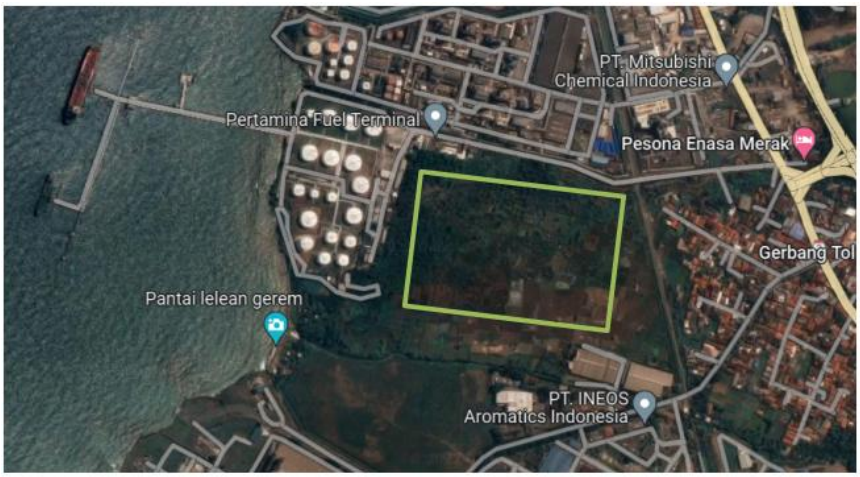
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	2.725.968,169	
Produk		743.174,152
Q yang hilang	0,000	
Q pendingin	991.397,008	2.974.191,025
Total	3.717.365,177	3.717.365,177

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan lokasi yang diharapkan dapat menjalankan serta mendukung proses produksi melalui penyediaan fasilitas – fasilitas produksi. Fasilitas produksi yang harus tersedia antara lain sesuatu yang dibangun, diadakan, atau diinvestasikan untuk melaksanakan aktivitas produksi. Lokasi pada pra rancangan pabrik akrilonitril yang akan dibangun rencananya akan didirikan di daerah Cilegon, Banten. Lokasi ini dipilih karena termasuk lokasi yang strategis dan memenuhi syarat pemilihan letak pabrik karena faktor-faktor pendukungnya terpenuhi di lokasi tersebut. Pada sisi utara lokasi, terdapat PT Tridomain Chemical Indonesia dimana memerlukan akrilonitril untuk membuat *polyacrylamide,* dan perusahaan tersebut masuk kedalam sasaran pasar pabrik kami. Lalu disisi barat terdapat bahan bakar yang dibutuhkan berupa fuel oil yang diperoleh dari PT. Pertamina, serta dekat dengan pelabuhan Cigading dan pelabuhan Merak yang memudahkan transportasi bahan baku yang diperoleh secara impor serta ekspor produk ke negara lain. Selain itu, untuk keperluan air akan diambil dari air laut nantinya dengan melalui pengolahan air laut, yaitu *Seawater Reverse Osmosis System* (SWRO). Kemudian disisi timur ada jalan tol Jakarta-Merak yang dapat mempermudah proses pendistribusian dan transportasi keluar-masuk bahan. Dan terakhir pada sisi selatan ada aliran sungai yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air dan keperluan lain.



Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Faktor-faktor dasar pertimbangan pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

4.1.1 Tersedia Fasilitas Transportasi

Lokasi pabrik dekat dengan dermaga sehingga memudahkan transportasi bahan baku yang diperoleh secara impor serta ekspor produk ke negara lain. Untuk pendistribusian bahan baku dilakukan melalui jalur laut dari Pelabuhan Shanghai, Tiongkok ke Pelabuhan Merak Mas, Banten. Pelabuhan ini hanya digunakan khusus untuk pengadaan ekspor-impor barang. Selain itu, di sekitar lokasi pabrik memiliki fasilitas jalan penghubung ke pabrik sehingga distribusi bahan baku, bahan pembantu, dan produk berjalan dengan baik.

4.1.2 Tersedia Pemasaran Produk

Cilegon merupakan daerah yang tepat untuk pemasaran produk, karena di daerah Cilegon terdapat banyak pabrik kimia yang menggunakan akrilonitril untuk keperluan produksi seperti PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), PT. Arbe Styrindo Indonesia yang memproduksi *Stryrene Acrylonitrile* (SAN) dan PT. ABS Industri Indonesia yang memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), dan PT

Tridomain Chemical Indonesia yang memproduksi *polyacrylamide*.

Selain itu, daerah ini juga dekat dengan Pelabuhan Merak dan Pelabuhan Cigading yang memudahkan ekspor akrilonitril ke industri-industri yang berada di luar negeri, seperti :

a. Industri *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) *Styrene Acrylonitrile* (SAN) yang diproduksi Bhansali Engineering Polymers, Ltd. India.
b. Industri *Acrylic Fiber* yang diproduksi Thai Acrylic Fibre Co., Ltd. Thailand.
c. Industri *Acrylonitrile Butadiene Styrene Resins* (ABS) yang diproduksi oleh Unic Plastech (M) SDN. BHD Malaysia.

4.1.3 Tersedia Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Bahan baku utama etilen sianohidrin diperoleh dari Kanto Chemical co., Inc yang berada di Taiwan, dan Shanghai Terppon Chemical Co., Ltd di China. Kemudian untuk alumina akan dipenuhi dari PT Petrosorb Indonesia di Jakarta dan PT Well Harvest Winning Alumina Refinery (PT WHW) di Kalimantan Barat, sehingga dipilih lokasi yang dekat dengan pelabuhan dan jalan tol untuk mempermudah penyediaannya dan penekanan biaya penyediaan bahan baku.

4.1.4 Tersedia Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja meliputi tenaga kerja terdidik, pendidikan menengah, dan tenaga kasar. Potensi tenaga kerja di sekitar lokasi memiliki potensial yang tinggi karena pabrik akan didirikan di daerah industri, sehingga kebutuhan tenaga

pendidikan menengah dapat diperoleh dari sekitar. Sedangkan untuk tenaga kerja terdidik dapat diperoleh dari perguruan tinggi yang ada di Indonesia.

4.1.5 Iklim

Iklim mempengaruhi karakterisasi lingkungan yang dapat berdampak pada proses industri. Selain itu, material perancangan pabrik dapat ditentukan berdasarkan tingkat kelembapan udara dan instesitas panas matahari pada suatu daerah. Iklim wilayah Banten dipengaruhi oleh Angin Monson dan Gelombang La Nina. Untuk karakteristik daerah Cilegon memiliki iklim yang stabil dengan temperatur udara yang bekisar 20-35˚C.

4.1.6 Lingkungan dan Masyarakat

Daerah Cilegon mempunyai kondisi geografi yang secara umum baik, bencana alam seperti banjir, longsor, dan gempa bumi jarang terjadi di kawasan industri, sehingga keamanan bagi bangunan pabrik terjamin. Selain itu, masyarakat di daerah Cilegon merupakan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri, sehingga pendirian pabrik di Cilegon dinilai tepat.

4.1.7 Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya

Di daerah kawasan industri Cilegon masih tersedia lahan yang cukup luas untuk dilakukan perluasan pabrik, sehingga pabrik dapat terus berkembang dalam jangka panjang. Lokasi pabrik yang sudah dipilih juga masih memiliki tanah kosong di sekitarnya yang dapat dijadikan area perluasan sewaktu-waktu dibutuhkan.

4.1.8 Utilitas

Hal lain yang mendukung pemilihan lokasi pabrik di daerah Cilegon ini adalah dekatnya sumber air. Untuk kebutuhan air pendingin, pemadam kebakaran, atau kebutuhan lainnya diperoleh dari Selat Sunda melalui proses pengolahan air laut, yaitu S*eawater Reverse Osmosis System* (SWRO). Sedangkan untuk kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi diperoleh dari PT. Krakatau Tirta Industri dan penyediaan kebutuhan energi listrik yang dipenuhi oleh PLN area Cilegon dengan alat cadangan generator. Bahan bakar berupa fuel oil yang diperoleh dari PT. Pertamina digunakan sebagai bahan bakar furnace dan generator.

4.1.9 Peraturan Pemerintah atau Daerah

Faktor perundang-undangan setempat tidak menjadi persoalan karena letak pabrik berada di kawasan industri Cilegon, sehingga mudah untuk mendapat izin dari pemerintah daerah dan masyarakat sekitar dapat menerima dengan baik. Pemerintah juga telah merencanakan untuk menjadikan daerah Cilegon sebagai salah satu pusat pengembangan produksi industri. Kemudian dari sisi keberlanjutan lingkungan/ekologi. Pengelolaan limbah industri sudah diatur dalam peraturan pemerintah Kota Cilegon diantaranya (Portal Perizinan) :

a. Peraturan Pemerintah No.101 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan berbahaya dan Beracun
b. Peraturan Daerah Kota Cilegon No.2 tahun 2004 tentang Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan
c. Peraturan Wali Kota Cilegon No.45 tahun 2009 tentang Ijin Penyimpanan

Sementara dan Pengumpulan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun di Kota Cilegon

d. Peraturan Wali Kota Cilegon No. 65 Tahun 2019 Tentang Pendelegasian Kewenangan Penyelenggaraan Perizinan dan Non Perizinan Kepada Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu
e. Keputusan Wali Kota Cilegon No.5 Tahun 2002 Tentang Izin Pengeluaran Limbah Industri

4.2 Tata Letak Pabrik *(Plant Layout)*

Untuk mencapai efisiensi, kelancaran proses dan keselamatan para pekerja diperlukan tata letak pabrik yang baik. Tata letak (*Lay Out*) pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat perkantoran/administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik.

Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa agar secara ekonomi kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan optimal, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

a. Perluasan pabrik

Perluasan pabrik harus diperhitungkan sebelum masalah kebutuhan tempat

menjadi masalah besar di masa yang akan datang. Perluasan area ini memungkinkan pabrik untuk menambah kapasitas produksi atau mengolah bahan baku sendiri.

b. Harga tanah

Harga tanah merupakan faktor yang membatasi kemampuan penyediaan awal. Jika harga tanah tinggi, maka diperlukan efisiensi yang tinggi terhadap pemanfaatan tanah dengan menyesuaikan area yang yang tersedia.

c. Kualitas, kuantitas, dan letak bangunan

Kualitas, kuantitas, dan letak bangunan harus memenuhi standar bangunan pabrik meliputi, kekuatan fisik maupun kelengkapannya, misal ventilasi, insulasi, dan instalansi.

d. Faktor keamanan

Walaupun telah dilengkapi dengan peralatan keamanan, seperti hidran dan asuransi pabrik, langkah pencegahan harus tetap dilakukan misalnya penempatan tangki bahan baku, produk, dan bahan bakar pada area khusus dengan jarak antar ruang yang cukup sehingga dapat meminimalkan potensi terjadinya ledakan atau kebakaran.

e. Fasilitas jalan

Jalan raya berfungsi sebagai jalur pengangkutan bahan baku, produk, dan bahan-bahan lainnya. Penempatan jalan diatur sedemikian rupa agar tidak mengganggu proses produksi.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut :

1. Perkantoran/Administrasi. Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.
2. Proses. Daerah proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.
3. Instalasi dan Utilitas. Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.
4. Fasilitas Umum. Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.
5. Keamanan. Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Rincian area bangunan pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m^2)
1	Kantor Pusat	40	20	800
2	Kantor Produksi dan Teknik	20	20	400
3	Masjid	20	30	600
4	Kantin	20	15	300
5	Poliklinik	17	10	170
6	Parkir Utama	40	20	800
7	Parkir Truk	20	20	400
8	Pos Keamanan 1	4	4	16
9	Pos Keamanan 2	4	4	16
10	Area Utilitas	40	40	1.600
11	Area Proses	50	45	2.250
12	*Control room*	17	17	289
13	*Control utilitas*	14	14	196
14	Unit pemadam kebakaran	16	14	224
15	Unit Pengolahan Limbah	14	16	224
16	Area pengolahan air	40	30	1.200
17	Laboratorium	20	15	300
18	Bengkel	25	15	375
19	Mess	50	45	2.250
20	Sarana Olahraga	20	30	600
21	Gudang serbaguna	60	50	3.000
22	Taman	80	20	1.600
23	Area Perluasan Pabrik	80	60	4.800
Luas Tanah				22.410
Luas Bangunan				14.810
Total		711	554	37.220



Gambar 4.2 *Layout* pabrik skala 1 : 1000

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

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses, yaitu :

4.3.1 Aliran Bahan

Baku dan Produk salah satu faktor yang mempengaruhi kelancaran dan keamanan produksi yatu jalannya aliran bahan baku dan produk. Untuk mendapatkan keuntungan ekonomis yang besar perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi.

4.3.2 Aliran Udara

Stagnasi udara atau penumpukan bahan kimia pada suatu tempat dapat membahayakan keselamatan pekerja, oleh karena itu aliran udara harus diperhatikan. Selain stagnasi faktor lain yang perlu diperhatikan yaitu kecepatan dan arah hembusan angin.

4.3.3 Pencahayaan

Penerangan pabrik harus memadai untuk meminimalisir resiko bahaya yang terjadi. Pada tempat-tempat proses perlu ada penambahan penerangan.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

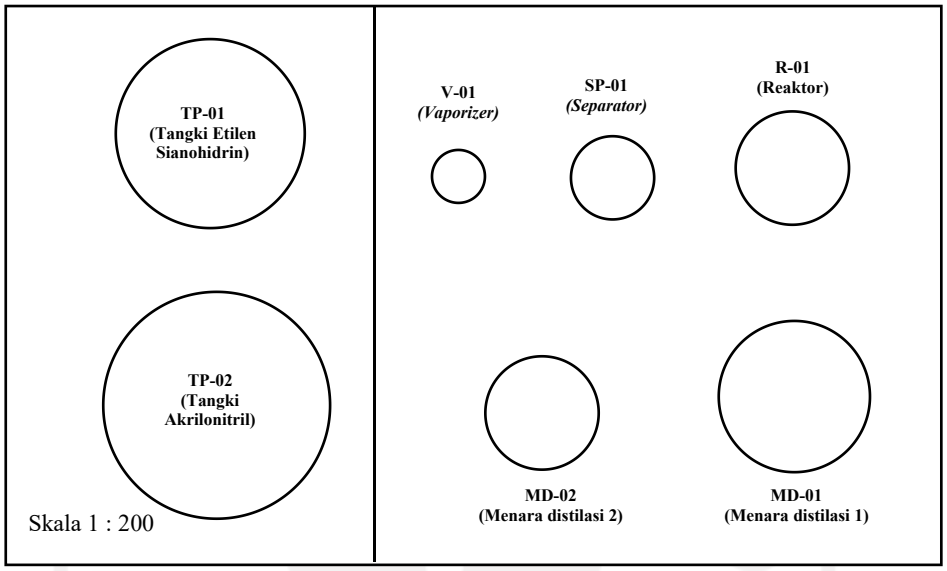
Pada tata letak perlatan perlu pertimbangan kemudahaan dicapai dengan cepat, hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam memperbaiki peralatan ketika terjadi gangguan dan untuk mempermudah pekerja dalam menjalankan tugasnya.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Dalam penempatan alat-alat proses pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

Dengan mempertimbangkan jarak antar alat proses dapat meminimalisir kerusakan jika terjadi ledakan atau kebakan pada alat proses yang memiliki suhu operasi dan tekanan tinggi.



Gambar 4.3 Jarak antar alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yang berbentuk badan hukum. Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh direksi yang terdiri dari seorang direktur utama yang bertanggung jawab akan kelancaran produksi dengan dibantu oleh kepala bagian. Sedangkan tanggung jawab pemegang saham terbatas dan kekayaannya terpisah dari kekayaan perusahaan. Hal ini disebutkan pada Pasal 3 ayat 1 UU No. 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas yang berbunyi "Pemegang saham perseroan tidak bertanggung jawab secara pribadi atas perikatan yang dibuat atas nama perseroan dan tidak bertanggung jawab atas kerugian perseroan melebihi saham yang dimiliki".

Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang

dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mudah Mendapatkan Modal

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

2. Wewenang dan Tanggung Jawab

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

3. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

   Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

4. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

   Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan

berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

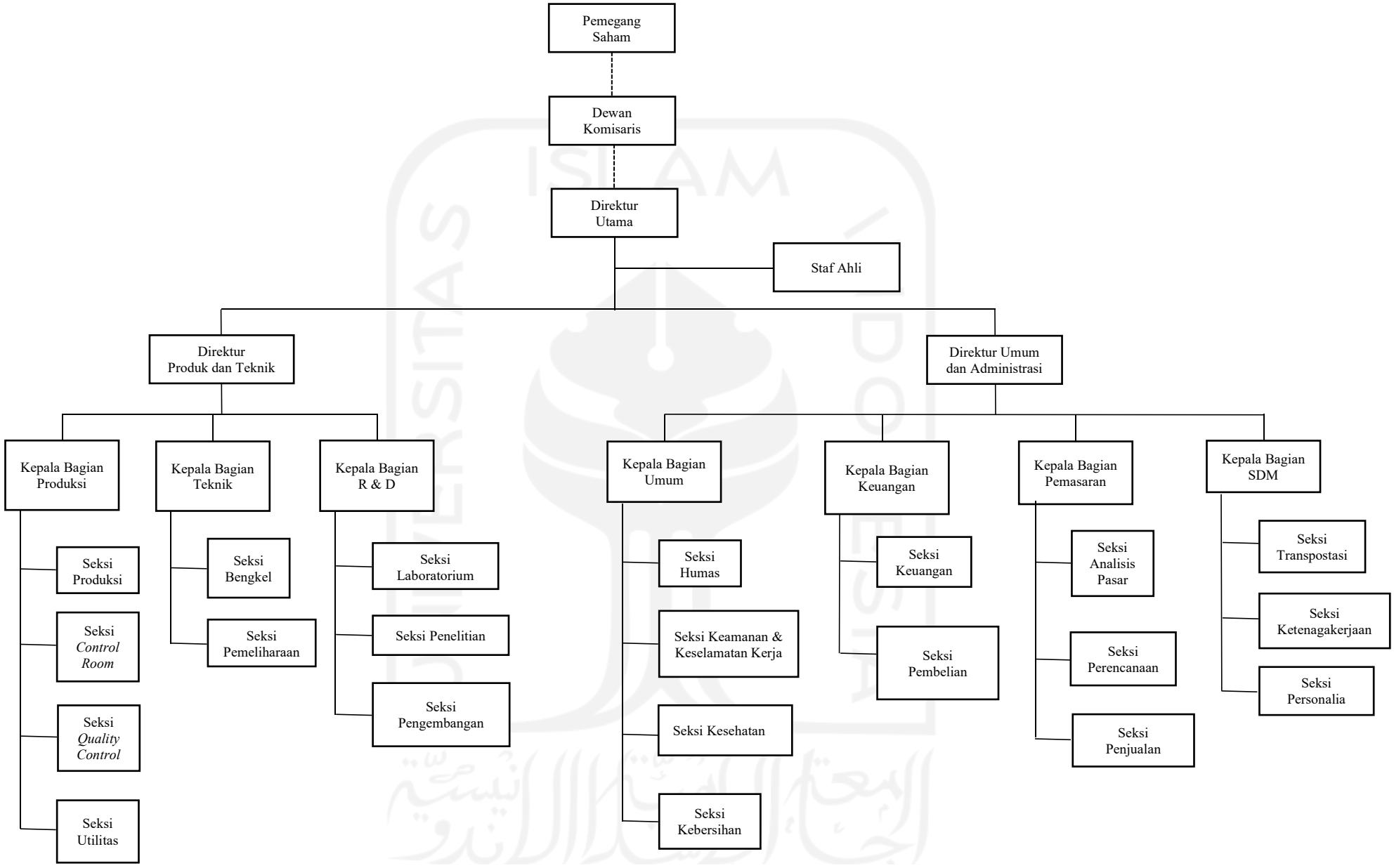
Struktur organisasi yang sistematis dan terstruktur di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Sistem organisasi perusahaan yang dipilih yaitu *system staff* and *line organization* (sistem garis) dimana garis kekuasaan disajikan lebih sederhana dan praktis pada pembagian tugas kerja. Kelebihan sistem ini adalah garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada atasan saja. Dalam menjalankan organisasi, terdapat dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau *line* merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai *staff* merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, pemegang kedudukan tertinggi organisasi dipegang oleh Dewan Direksi yang dipilih melalui mekanisme Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) dan bekerja dibawah pengawasan Dewan

Komisaris. Kekuasaan mengalir secara langsung dari direksi kemudian kepala bagian, kepala seksi dan diteruskan ke karyawan dibawahnya dilengkapi dengan staf ahli yang memberikan saran kepada direktur. Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. **Pemegang saham**

   Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

   - Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
   - Mengangkat dan memberhentikan direktur.
   - Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2. **Dewan Komisaris**

   Dewan Komisaris dipilih dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan Komisaris ini bertanggung jawab kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah sebagai berikut :

   - Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijasanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
   - Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
   - Mengawasi tugas-tugas direksi.
   - Membantu direksi dalam hal-hal penting

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan.

Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Tugas Direktur Utama antara lain :

- Melaksanakan *policy* perusahaan dan mempertanggung-jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham.
- Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat umum pemegang saham.
- Mengkoordinir kerja sama dengan Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Produksi dan Teknik, antara lain :

- Betanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, dan teknik.
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Umum dan Administrasi, antara lain :

- Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, palayanan umum dan pemasaran.
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staff ahli meliputi :

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur bersama-sama dengan staff ahli. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

1) Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab terhadap bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir dan mengatur kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya yang dinaunginya. Kepala bagian produksi membawahi :

- Seksi Produksi yang bertugas mengawasi pelaksanaan proses produksi, pemakaian bahan baku, pembuatan laporan produksi. Kemudian menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu barang jadi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, serta menjaga dan mengawasi kelancaran dan keseimbangan proses.
- Seksi *Control Room* yang bertugas mengawasi dan mengontrol peralatan yang terdapat di lapangan produksi. Hampir keseluruhan sistem produksi dapat di pantau dari *control room*, tetapi juga ada beberapa personil di lapangan yang bertugas apabila terjadi kerusakan pada alat.
- Seksi *Quality Control* yang bertugas mengawasi produk yag diuji baik dari segi kualitas dan kuantitas selama proses produksi, yaitu mulai dari pemilihan bahan baku, pengolahan bahan baku menjadi barang setengah jadi hingga hasil akhir produksi untuk memperoleh standar kualitas yang diperlukan.

2) Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab dalam mengkoordinir kepala-kepala seksi yang berada di dalam struktur organisasi dibawah pengawasan direktur produk dan teknik. Kepala bagian teknik membawahi :

- Seksi Bengkel yang bertugas melakukan kegiatan penggantian alat-alat dan fasilitas pendukung lainnya guna melancarkan proses produksi di dalam pabrik.
- Seksi Pemeliharaan yang bertugas untuk menjalankan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik dan memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

3) Kepala Bagian *Research and Development* (*R&D*)

Bertanggungjawab pada segala aktivitas riset dan pengembangan di perusahaan, juga memastikan kualitas performansi dalam perusahaan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan. Kepala bagian *Research and Development* (*R&D*) membawahi :

- Seksi Laboratorium yang bertugas menganalisis dan mengawasi setiap mutu bahan pembantu, bahan baku dan produk, lalu untuk mengawasi apa saja yang berhubungan dengan buangan pabrik, dan membuat laporan berkala pada kepala bagian.
- Seksi Penelitian yang mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian untuk mempertinggi mutu

suatu produk.

- Seksi Pengembangan yang bertugas mengkoordinasikan kegiatan yang masih berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan. Seksi bagian pengembangan ini sering kali berkaitan dengan inovasi produk.

4) Kepala Bagian Umum

Bertanggungjawab untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Departemen ini mengatur masalah administrasi, keamananan, keselamatan, dan lingkungan, serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Kepala bagian umum membawahi :

- Seksi Humas yang bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat ataupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik kelangsungan dan kelancaran perusahaan dapat berjalan dengan baik.
- Seksi Keamanan & Keselamatan Kerja yang bertugas untuk mengawasi keluar masuknya karyawan maupun yang diluar karyawan yan berada didalam lingkup pabrik, memelihara dan menjaga bangunan perusahaan, fasilitas perusahaan dan

hal-hal yang bersifat rahasia yang berhubungan dengan internal perusahaan.

- Seksi Kesehatan yang bertugas untuk memperhatikan kesehatan karyawan. Apabila poliklinik yang tersedia tidak dapat mengatasi masalah kesehatan karyawan maka dapat diintensifkan di rumah sakit langganan perusahaan sesuai kebutuhan pengobatan.
- Seksi Kebersihan yang bertugas untuk menjaga kenyamanan, keindahan, perusahaan dari mulai keindahan taman, toilet sampai kebersihan gudang dan produksi.

5) Kepala Bagian Keuangan

Bertanggungjawab dalam mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya, baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, Kepala bagian keuangan membawahi :

- Seksi Keuangan yang bertugas untuk menghitung pemakaian uang perusahaan dan mengamankan uang perusahaan serta mengadakan perhitungan terkait gaji karyawan sera intensif karyawan.
- Seksi Pembelian yang betugas untuk melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan oleh perusahaan, hal hal terkait harga pasaran dari suatu bahan batu dan mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari

gudang.

6) Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab terhadap masalah pemasaran produk, dan termasuk juga melakukan *research marketing* agar penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah dsitribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen. Kepala bagian pemasaran membawahi :

- Seksi Analisis Pasar yang bertugas untuk melakukan analisis pasar untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dan selalu membuat strategi pemasaran setiap saat sesuai perkembangan di lapangan.
- Seksi Perencanaan yang bertugas untuk merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- Seksi Penjualan yang bertugas untuk melakukan penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat. Serta merancang strategi penjualan dari hasil produksi dan mengatur hal-hal distribusi hasil produksi dari gudang.

7) Kepala Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)

Bertanggungjawab dalam merencanakan, mengelola, dan mendayagunakan sumber daya manusia (SDM), baik yang telah

bekerja ataupun yang akan dipekerjakan. Selain itu bagian sumber daya manusia (SDM) mengatur masalah jenjang karier dan masalah penempatan karyawan, atau pemindahan karyawan antar departemen atau antar divisi sesuai dengan tingkat prestasinya. Kepala bagian sumber daya manusia (SDM) membawahi :

- Seksi Transportasi yang bertugas untuk mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan-bahan yang digunakan dalam produksi sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan.
- Seksi Ketenagakerjaan yang bertugas untuk mengatur kesejahteraan karyawan seperti pemberian fasilitas atau bonus perusahaan untuk karyawan yang berprestasi.
- Seksi Personalia yang bertugas untuk mengusahakan kedisiplinan yang tinggi antar karyawan agar terwujudnya suasana kerja yang nyaman dan aman terhadap lingkungan sekitar serta menjalankan hal-hal yan berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

4.4.4 Ketenagakerjaan

1. Status Karyawan

Pabrik Akrilonitril ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut:

- Tingkat pendidikan
- Pengalaman kerja
- Tanggung jawab dan kedudukan.
- Keahlian
- Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direktur. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan keahlian, kedudukan dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direktur. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

2. Rencana Kerja Karyawan

Pabrik akrilonitril direncanakan jumlah pekerjanya sebanyak 197 orang dan beroperasi selama 24 jam sehari secara berkelanjutan. Jumlah hari

kerja selama setahun adalah 330 hari dengan sisa hari digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shut down*. Karyawan dibedakan menjadi dua macam berdasarkan kerjanya, yaitu :

a. Karyawan non-shift

Karyawan non-shift merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi seperti staf kepala seksi keatas dan karyawan bagian umum. Jam kerja untuk karyawan non-shift adalah 5 hari dalam seminggu dengan jumlah jam kerja maksimum 40 jam selama seminggu dan selebihnya dihitung sebagai lembur. Lembur untuk hari biasa adalah 1,5 kali jam kerja sedangkan pada hari libur adalah 2 kali jam kerja. Jam kerja karyawan non-shift diatur sebagai berikut.

Hari Senin – Jumat : 07.00 – 16.00 WIB

Hari Sabtu – Minggu : Libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut.

Selain hari Jumat : 12.00 – 13.00 WIB

Hari Jumat : 11.30 – 13.00 WIB

b. Karyawan shift

Karyawan shift merupakan karyawan yang terlibat secara langsung dalam proses produksi. Karyawan ini mengatur keamanan pabrik dan kelancaran produksi. Jam kerja karyawan shift diatur sebagai berikut.

Shift I : 07.00 – 15.00 WIB

Shift II : 15.00 – 23.00 WIB

Shift III : 23.00 – 07.00 WIB

Jam kerja shift berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian shift setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan shift bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur dengan hari minggu dan hari libur nasional tidak libur. Seluruh karyawan mendapatkan cuti selama 12 hari setiap tahunnya.

Tabel 4.2 Pembagian *Shift* Karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

Keterangan :

A, B, C, D : Kelompok kerja shift

: Libur

I, II, III : Jadwal Shift

3. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi keahlian dan pendidikan sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Jenjang pendidikan karyawan diperlukan mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga Magister (S2). Berikut Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rincian Penggolongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan
Dewan Komisaris	S2
Direktur Utama	S2
Staff Ahli	S2
Direktur Produksi dan Teknik	S2
Direktur Umum dan Administrasi	S2
Kepala Bagian Produksi	S1
Kepala Bagian Teknik	S1
Kepala Bagian R & D	S1
Kepala Bagian Umum	S1
Kepala Bagian Keuangan	S1
Kepala Bagian Pemasaran	S1
Kepala Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)	S1
Kepala Seksi Produksi	S1
Kepala Seksi *Control Room*	S1
Kepala Seksi *Quality Control*	S1
Kepala Seksi Utilitas	S1
Kepala Seksi Bengkel	S1
Kepala Seksi Pemeliharaan	S1
Kepala Seksi Laboratorium	S1
Kepala Seksi Penelitian	S1
Kepala Seksi Pengembangan	S1
Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	S1
Kepala Seksi Keamanan & Keselamatan Kerja	S1
Kepala Seksi Kesehatan	S1
Kepala Seksi Kebersihan	S1
Kepala Seksi Keuangan	S1

Kepala Seksi Pembelian	S1
Kepala Seksi Analisis Pasar	S1
Kepala Seksi Perencanaan	S1
Kepala Seksi Penjualan	S1
Kepala Seksi Transportasi	S1
Kepala Seksi Ketenagakerjaan	S1
Kepala Seksi Personalia	S1
Karyawan Produksi & *Control Room*	D3/S1
Karyawan *Quality Control*	D3/S1
Karyawan Utilitas	D3/S1
Karyawan Bengkel	D3/S1
Karyawan Pemeliharaan	D3/S1
Karyawan Laboratorium	D3/S1
Karyawan Penelitian	D3/S1
Karyawan Pengembangan	D3/S1
Karyawan Hubungan Masyarakat	D3/S1
Karyawan Keamanan & Keselamatan Kerja	D3/S1
Karyawan Kesehatan	D3/S1
Karyawan Kebersihan	D3/S1
Karyawan Keuangan	D3/S1
Karyawan Pembelian	D3/S1
Karyawan Analisis Pasar	D3/S1
Karyawan Perencanaan	D3/S1
Karyawan Penjualan	D3/S1
Karyawan Transportasi	D3/S1
Karyawan Ketenagakerjaan	D3/S1
Karyawan Personalia	D3/S1
Non Jabatan	Pendidikan
Operator	SMK/D3
Dokter	S1
Perawat	D3/S1
Sopir	SMA Sederajat
Security	SMA Sederajat
Petugas Kebersihan (Taman /Halaman)	SMA Sederajat
Sopir	SMA Sederajat
Office boy/girl	SMA Sederajat

karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang diatur oleh undang-undang ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerjanya, yaitu :

1. Karyawan Pra-Kontrak

Merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karywan akan dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.

2. Karyawan Tetap

Merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan. Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap meiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan.

a. Hak Karyawan

1) Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan karyawan, masa kerja, serta prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dilakukan per tahun sesuai dengan pertumbungan ekonomi serta prestasi dari karyawan. Daftar gaji karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
Dewan Komisaris	3	75.000.000	225.000.000
Direktur Utama	1	60.000.000	60.000.000
Staff Ahli	2	40.000.000	80.000.000
Direktur Produksi dan Teknik	1	30.000.000	30.000.000
Direktur Umum dan Administrasi	1	30.000.000	30.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian R & D	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Umum	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Keuangan	1	20.000.000	20.000.000

Kepala Bagian Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)	1	20.000.000	20.000.000
Kepala Seksi Produksi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Produksi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi *Control Room*	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi *Quality Control*	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Utilitas	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Bengkel	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Laboratorium	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Penelitian	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pengembangan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keamanan & Keselamatan Kerja	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Kesehatan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Kebersihan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Analisis Pasar	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Perencanaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Penjualan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Transportasi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pengembangan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keamanan & Keselamatan Kerja	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Kesehatan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Kebersihan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Analisis Pasar	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Perencanaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Penjualan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Transportasi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000
Karyawan Produksi	20	12.500.000	250.000.000
Karyawan *Control Room*	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan *Quality Control*	10	12.500.000	125.000.000
Karyawan Utilitas	12	12.500.000	150.000.000
Karyawan Bengkel	4	12.500.000	50.000.000

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
Karyawan Pemeliharaan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Laboratorium	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Penelitian	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Pengembangan	4	12.500.000	50.000.000
Kepala Seksi Penjualan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Transportasi	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1	15.000.000	15.000.000
Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000
Karyawan Produksi	20	12.500.000	250.000.000
Karyawan *Control Room*	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan *Quality Control*	10	12.500.000	125.000.000
Karyawan Utilitas	12	12.500.000	150.000.000
Karyawan Bengkel	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Pemeliharaan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Laboratorium	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Penelitian	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Pengembangan	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Hubungan Masyarakat	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Keamanan & Keselamatan Kerja	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Kesehatan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Kebersihan	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Keuangan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Pembelian	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Analisis Pasar	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Penelitian	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Pengembangan	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Hubungan Masyarakat	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Keamanan & Keselamatan Kerja	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Kesehatan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Kebersihan	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Keuangan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Pembelian	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Analisis Pasar	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Perencanaan	5	12.500.000	62.500.000
Karyawan Pengembangan	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Keamanan & Keselamatan Kerja	8	12.500.000	100.000.000

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
Karyawan Kesehatan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Kebersihan	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Penjualan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Keamanan & Keselamatan Kerja	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Kesehatan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Kebersihan	8	12.500.000	100.000.000
Karyawan Keuangan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Pembelian	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Analisis Pasar	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Perencanaan	5	12.500.000	62.500.000
Karyawan Penjualan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Transportasi	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Ketenagakerjaan	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Personalia	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Pembelian	3	12.500.000	37.500.000
Karyawan Analisis Pasar	4	12.500.000	50.000.000
Karyawan Perencanaan	5	12.500.000	62.500.000
Non Jabatan			
Operator	12	12.00.000	150.000.000
Dokter	3	12.000.000	36.000.000
Perawat	5	8.000.000	40.000.000
Sopir	6	7.000.000	42.000.000
Security	6	6.170.000	37.020.000
Petugas Kebersihan (Taman /Halaman)	4	5.370.000	21.480.000
Office boy/girl	6	5.370.000	32.220.000
Total	**198**		**2.763.720.000**

2) Kesejahteraan Sosial Karyawan

Selain gaji pokok, setiap karyawan juga mendapatkan tunjungan yang diatur oleh perusahaan. Beberapa jenis tunjangan dan fasilitas yang diberikan oleh perusahaan antara lain adalah. Kesejahteraan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain :

a. Tunjangan

- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja
- Tunjangan lain yang besarnya ditentukan berdasarkan undang-undang yang berlaku.

b. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun
- Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan Dokter.
- Cuti hamil bagi karyawan wanita.

c. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm,

sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

d. Pengobatan dan Kesehatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

e. *Insentive* atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target

yang dicapai.

f. Kantin

Perusahaan menyediakan pelayanan makan siang bagi karyawan yang berada di lokasi pabrik.

g. Transportasi

Perusahaan menyediakan sarana transportasi untuk antar jemput karyawan.

h. Asuransi

Perusahaan menjamin seluruh karyawan dengan mengasuransikan ke perusahan asuransi setempat.

i. Tempat ibadah

Perusahaan memberikan fasilitas tempat ibadah berupa Masjid yang dipergunakan karyawan untuk beribadah.

BAB V

UTILITAS

5.1 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik akrilonitril ini, meliputi :

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

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

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

1. Unit Penyediaan Air

Pada unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang

tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Secara umum, untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik dapat menggunakan air sungai, air laut, air sumur maupun air danau. Pada perancangan pabrik akrilonitril ini, sumber air yang kami gunakan yaitu berasal dari air laut perairan selat sunda. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

a) Lokasi pendirian pabrik yang terletak tidak jauh dari laut sehingga memudahkan dalam pengangkutan dan penggunaan air.
b) Jumlah air laut yang melimpah melebihi air sungai atau air sumur, sehingga dapat menghindari kendala akan kekurangan air.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

a. Air Domestik (*Domestic Water*)

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

   - Air jernih
   - Tidak berbau
   - Tidak berasa

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak mengandung bakteri
- Tidak beracun
- Suhu harus dibawah suhu udara

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

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

c. Air Pendingin (*Cooling Water*)

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

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan suhu pada pendingin.

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

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada film *corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

d. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Berikut merupakan beberapa syarat agar air dapat dijadikan sebagai air umpan untuk Boiler adalah sebagai berikut :

1) Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, s*uspended matter*, dan kebasaan yang tinggi. Adapun kesullitan yang akan dihadapi apabila terdapat busa dalam air sebagai air umpan boiler :

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi cairan dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat sehingga padatan akan menempel pada permukaan alat dan menyebabkan terjadinya korosi apabila tidak dilakukan

pemanasan lanjutan. Untuk mengatasi hal-hal tersebut, perlu adanya pengencekkan dan pengendalian terhadap kandungan lumpur, kerak dan alkanitas pada air umpan boiler.

2) Tidak membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas, sehingga proses perpindahan panas terhambat. Selain itu, kerak yang terbentuk dapat pecah dan mengakibatkan kebocoran pada dinding permukaan alat.

3) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan karena rendahnya pH, minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik serta gas yang larut dalam air. Reaksi elektrokimia yang terjadi antara besi dan air akan membentuk lapisan anti korosi pada permukaan baja. Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk molekul air. Korosi akan terjadi disebabkan oleh hilangnya lapisan anti korosif tadi.

2. Unit Pengolahan Air

Sumber air pada pabrik yang didirikan berasal dari air laut. Penggunaan air laut sebagai sumber air pada suatu pabrik perlu diolah terlebih dahulu secara fisika dan kimiawi, maupun dengan penambahan desinfektan. Hal ini dilakukan untuk mencegah munculnya kerak pada

dinding alat penukar panas. Pengolahan secara fisika menggunakan *screening,* sedangkan untuk proses kimiawi dilakukan dengan menambahkan klorin.

Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari darah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. Kegunaan *screen* adalah untuk memisahkan kotoran dan benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screener* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa menuju ke unit pengolahan air. Pada *discharge* pompa diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembang biakannya.

1. Desalinasi

   Air laut adalah air murni yang di dalamnya terlarut berbagai zat padat dan gas. Zat tersebut meliputi garam organik, gas terlarut dan garam anorganik yang berwujud ion. Banyaknya kadar garam dalam air laut membuat proses desalinasi harus dilakukan. Desalinasi merupakan proses menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut sehingga air tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

   Metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode *reverse osmosis*. Metode ini telah banyak dipakai dalam sektor industrial. *Reverse osmosis* menggunakan membran semi *permeable* yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang

melewati membran). Proses pemisahan pada membran berupa perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

2. Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah untuk mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah melewati proses ini disebut sebagai air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan boiler.

Untuk keperluan air umpan boiler, diperlukan juga penghilangan kandungan mineral berupa garam-garam yang terlarut dalam air tersebut. Garam yang terlarut dalam air memiliki ikatan ion positif atau kation dan ion negatif atau anion.

Untuk prosesnya sendiri dimulai dengan air bersih dialirkan ke *cation exchanger* yang diisi resin *cation* guna untuk mengikat kation dan melepaskan ion H^+. Kemudian air akan mengalir ke *anion exchanger*, dimana anion dalam air akan bertukar dengan ion OH dari resin anion. Air yang keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garamnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan selanjutnya dialirkan menuju tangki penyimpanan.

Pada waktu tertentu, resin yang digunakan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat kation atau anion secara optimal.

Untuk itu perlu dilakukannya penyegaran atau pengaktifan kembali secara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari *operasi service*. Resin kation diregenerasi menggunakan larutan H_2SO_4, sedangkan resin anion menggunakan larutan NaOH.

a. *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H+ .

b. Anion Exchanger

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif *(anion)* yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-}, Cl dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

3. Deaerasi

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*. Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

4. Pendinginan dan *Cooling Tower*

Air yang telah digunakan dalam *cooler*, termperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan dalam *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendinginan pabrik.

3. Kebutuhan Air

1) Kebutuhan air domestik

- Air kantor

  Jumlah karyawan = 198 orang

  Kebutuhan air masing-masing karyawan = 100 kg/hari

  Total kebutuhan air untuk semua karyawan = 19.800 kg/hari

- Air Mess

  Jumlah mess = 15

  Jumlah penghuni tiap mess = 30 orang

  Total kebutuhan air mess = 45.000 kg/hari

  Total kebutuhan air domestik = 45.000 kg/hari + 23.800 kg/hari

  = 68.800 kg/hari

  = 2.866,666667 kg/jam

2) *Service Water*

- Bengkel = 200 kg/hari

- Poliklinik = 300 kg/hari
- Laboratorium = 500 kg/hari
- Pemadam kebakaran = 1.000 kg/hari
- Kantin, mushola dan taman = 2.000 kg/hari

Total kebutuhan *service water* = 4.000 kg/hari

Perancangan dibuat over design 20%, maka kebutuhan air domestik menjadi :

Kebutuhan air domestik *over design*= 1,2 x kebutuhan air domestik

= 1,2 x 2.866,666667 kg/jam

= 3.440 kg/jam

3) Kebutuhan air pendingin

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Boiler Limbah Kalor	WHB-01	1.765,484271
Kondensor	CD-01	216.667,38
Kondensor	CD-02	336.688,32
Kondensor	CD-03	173.146,82
Cooler	CL-01	47.405,07
Total		775.673,08

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

Kebutuhan air pendingin *over design* = 1,2 x 775.673,08 kg/jam

= 930.807,6901 kg/jam

Kebutuhan *make up water* (Wm) untuk pendingin:

Make up = We + Wd + Wb

a. Mencari nilai *Evaporation loss* (We) dengan persamaan :

We = 0,00085 Wc (T1-T2) (Perry & Green, 1999)

Diketahui :

Wc = 930.807,6901 kg/jam

T1 = 30 ºC = 303,15 ºK

T2 = 25 ºC = 298,15 ºK

Maka,

We = 0,00085 x 930.807,6901 kg/jam x (303,15 – 298,16)°K

We = 3.956 kg/jam

b. Mencari nilai *Drift Loss* (Wd) dengan persamaan :

Wd = 0,0002 x Wc (Perry & Green, 1999)

Wd = 0,0002 x 6930.807,6901 kg/jam

Wd = 186,161538 kg/jam

c. Mencari nilai *Blowdown* (Wb) dengan persamaan :

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

Dimana : *Cycle* beriksar 3 – 5 kali (dipilih 4 kali)

$$Wb = \frac{3.956 - (4 - 1) \times 186,161538}{(4 - 1)}$$

Wb = 1.132,48269 kg/jam

Sehingga jumlah *make up* air adalah :

Make up = (3.956 + 186,161538 + 1.132,48269) kg/jam

= 5.274,5769 kg/jam

4) Kebutuhan air pemanas

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
Reboiler	RB-01	8.429,8939
Reboiler	RB-02	3.752,2063
Vaporizer	VP-01	4.835,4871
Heater	HE-01	1.389,0097
Total		18.406,5969

Perancangan dibuat *over design* 20%, maka kebutuhan air pemanas menjadi : Kebutuhan air pemanas *over design* = 1,2 x 18.406,5969 kg/jam

= 22.087,9163 kg/jam

a. Menghitung nilai *Blowdown*

Blowdown pada boiler adalah 15% dari kebutuhan *steam*

Blowdown = 15% x kebutuhan steam

Blowdown = 15% x 22.087,9163 kg/jam

Blowdown = 3.313,1874 kg/jam.

b. Menghitung nilai Steam Trap

Steam trap adalah 5% dari kebutuhan *steam.*

Steam trap = 5% x kebutuhan steam

Steam trap = 5% x 22.087,9163 kg/jam

Steam trap = 1.104,3958 kg/jam

c. Menghitung kebutuhan air *Make Up Steam*

Make up = blowdown + steam trap

Make up = (3.313,1874 + 22.087,9163) kg/jam

Make up = 25.401,1037 kg/jam

Tabel 5.3 Total Kebutuhan Air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	*Domestik Water*	3.440,0000
2	*Sevice Water*	166,6666667
3	Air Pendingin	930.807,6901
4	*Steam Water*	22.087,91627
Total		956.502,2731

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

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap atau boiler dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Kapasitas = 26.505,4995 kg/jam
- Jenis = *Fire Tube Boiler*
- Jumlah = 1 buah

Boiler ini dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengamanan-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika yang mungkin masih terikut dengan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu, pH-nya perlu diatur dengkan kadar 10,5 sampai 11,5 karena pH yang terlalu tinggi memiliki tingkat korosivitas yang tinggi juga.

Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler.

Di dalam alat ini, temperatur air ditingkatkan hingga 190ºC sebelum diumpankan ke boiler. Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran

bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke dalam *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, kemudian air di dalam boiler akan menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api yang menyebabkan air tersebut menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul hingga suhunya mencapai 120ºC dengan tekanan 1 atm, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.5.3 Unit Pembangkit Listrik *(Power Plant System)*

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Diesel digunakan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan. Diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting seperti boiler, kompresor dan pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah.

- Kapasitas = 600 kW
- Jenis = AC Generator
- Jumlah = 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi sehingga menghasilkan panas yang akan digunakan untuk memutar poros engkol yang akan menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari, listrik yang berasal dari PLN digunakan sebesar 100%. Namun apabila listrik padam, 100% operasinya akan menggunakan tenaga listrik yang berasal dari diesel.

a) Kebutuhan listrik untuk proses dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		hp	Watt
Pompa 1	P-01	5,00	3.728,50
Pompa 2	P-02	0,50	1.118,55
Pompa 3	P-03	5,00	3.728,50
Pompa 4	P-04	0,50	372,85
Pompa 5	P-05	1,00	745,70
Pompa 6	P-06	1,00	628,00
Pompa 7	P-07	1,00	745,70
Total		14,00	11067,80

Total kebutuhan listrik alat proses = 11.067,80 watt

= 11,07 kW

b) Kebutuhan listrik untuk Utilitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		hp	Watt
Cooling Tower	CT-01	60,00	44.742,00
Kompresor	KU-01	5,00	3.728,50
Pompa Utilitas 1	PU-01	15,00	1.1185,50
Pompa Utilitas 2	PU-02	15,00	1.1185,50
Pompa Utilitas 3	PU-03	15,00	1.1185,50
Pompa Utilitas 4	PU-04	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 5	PU-05	1,50	1.118,55
Pompa Utilitas 6	PU-06	25,00	18.642,50
Pompa Utilitas 7	PU-07	25,00	18.642,50
Pompa Utilitas 8	PU-08	25,00	18.642,50
Pompa Utilitas 9	PU-09	2,00	1.491,40
Pompa Utilitas 10	PU-10	2,00	1.491,40
Pompa Utilitas 11	PU-11	2,00	1.491,40
Pompa Utilitas 12	PU-12	2,00	1.491,40
Pompa Utilitas 13	PU-13	0,05	37,29
Pompa Utilitas 14	PU-14	0,05	37,29
Total		196,10	146231,77

Total kebutuhan listrik alat utilitas = 146.231,77 Watt

= 146,23177 kW

Total kebutuhan listrik *plant* = 157,30177 kW

c) Kebutuhan listrik untuk menggerakan alat kontrol, kantor dan penerangan adalah sebagai berikut :

- Untuk penerangan dan AC = 180 kW
- Untuk laboratorium dan bengkel = 100 kW
- Untuk instrumentasi = 30 kW

Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	a. Proses	11,07
	b. Utilitas	146,2318
2	a. Listrik Ac	30
	b. Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	100
4	Instrumentasi	30
Total		467,2996

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

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 31,77504 m^3/jam dengan tekanan 7,298 bar.

5.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan *fuel oil* sebanyak 50.651,0778 kg/jam, sedangkan bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 117,5252 L/jam.

5.5.6 Unit Pengolahan Limbah

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

1. Limbah Cair

   Limbah cair yang dihasilkan berasal dari utilitas dan sanitasi. Limbah cair dari proses ini berasal dari keluaran menara distilasi, dimana komposisi terbanyak dari campuran limbah yang keluar dari menara distilasi adalah air, sisanya adalah campuran akrilonitril dan etilen sianohidrin. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

   - COD = maks. 100 mg/l
   - BOD = maks. 20 mg/l
   - TSS = maks. 80 mg/l

- *Oil* = maks. 5 mg/l
- pH = 6,5 - 8,5

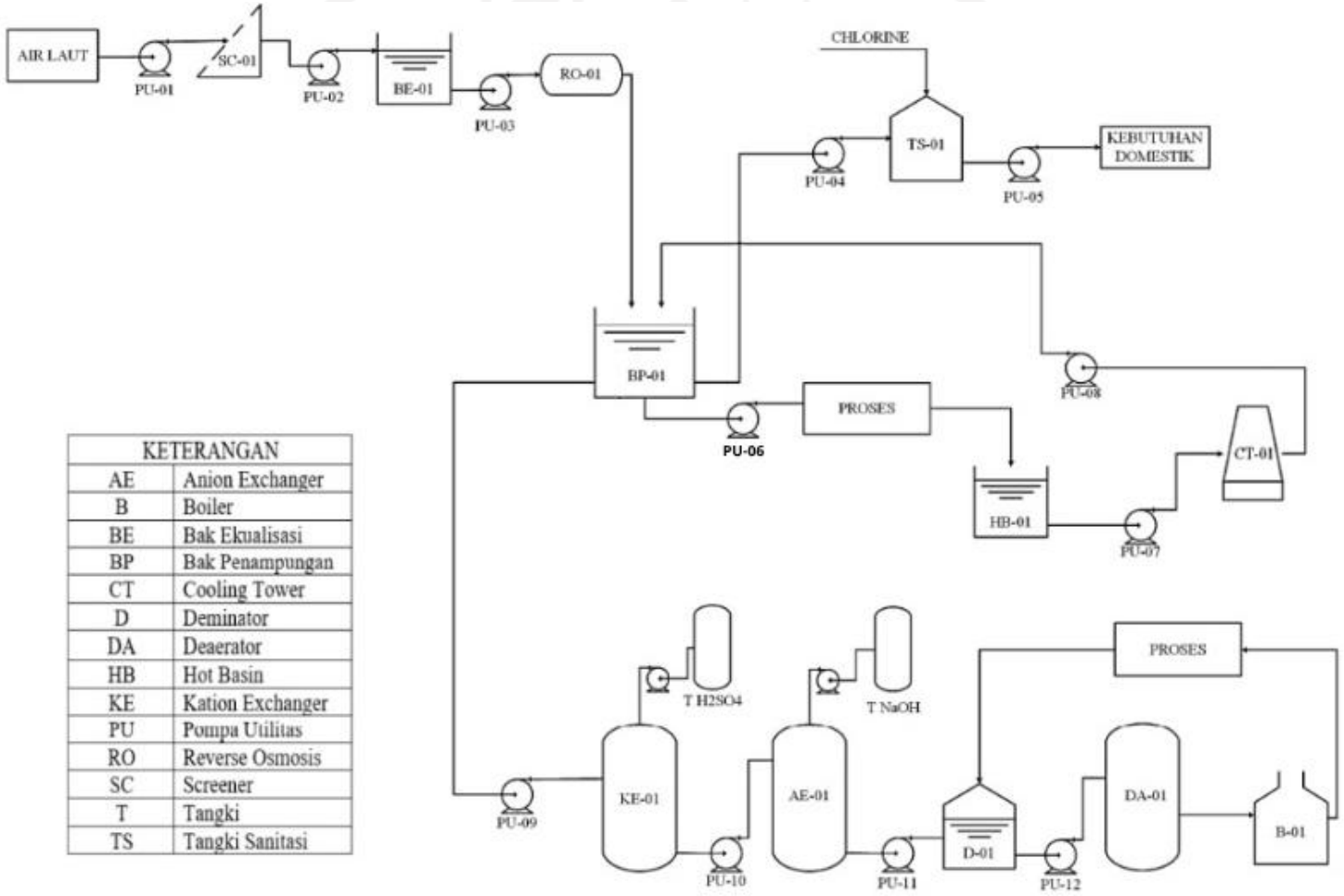
Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut.

a. Limbah Utilitas

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

b. Limbah Sanitasi

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



KETERANGAN	
AE	Anion Exchanger
B	Boiler
BE	Bak Ekualisasi
BP	Bak Penampungan
CT	Cooling Tower
D	Deminator
DA	Deaerator
HB	Hot Basin
KE	Kation Exchanger
PU	Pompa Utilitas
RO	Reverse Osmosis
SC	Screener
T	Tangki
TS	Tangki Sanitasi

Gambar 5.1 Diagram Alir Air Utilitas

5.5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Pompa Utilitas

Tabel 5.7 Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-01	PU-01-2	PU-01-3	PU-01-4	PU-01-5
Fungsi	Mengalirkan air dari laut menuju *screener* (SC-01)	Mengalirkan air dari laut menuju *screener* (SC-01)	Mengalirkan air dari laut menuju *screener* (SC-01)	Mengalirkan air dari laut menuju *screener* (SC-01)	Mengalirkan air dari laut menuju *screener* (SC-01)
Jenis pompa	*Centrifugal pump*				
Impeller	*Axial flow impellers*				
Bahan kontruksi	*Commercial steel*				
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305
Pump head ,m	8,691	8,703	8,715	8,727	4,78
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30
Rate volumetric, ft^3/s	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029
Kecepatan aliran, ft/s	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-01	PU-01-2	PU-01-3	PU-01-4	PU-01-5
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75
ID, in	10,020	10,020	10,020	10,020	10,020
Friction head, ft	12,1083	12,1479	12,1874	12,2270	12,2666
Efisiensi pompa	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	7.765,007327	7.775,782821	7.786,558316	7797,33381	7808,109304
Daya motor, watt	11.185,5	11.185,5	11.185,5	11.185,5	11.185,5
Kecepatan putar, rpm	8.919,298196	8.910,026476	8.900,777214	8.891,550324	8.882,345722
Harga, $	13.200	13.200	13.200	13.200	13.200

(Lanjutan Tabel 5.7)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-02	PU-02-2	PU-02-3	PU-02-4	PU-02-5
Fungsi	Mengalirkan air dari *screener* menuju bak ekualisasi (BE-01)	Mengalirkan air dari *screener* menuju bak ekualisasi (BE-01)	Mengalirkan air dari *screener* menuju bak ekualisasi (BE-01)	Mengalirkan air dari *screener* menuju bak ekualisasi (BE-01)	Mengalirkan air dari *screener* menuju bak ekualisasi (BE-01)
Jenis pompa	*Centrifugal pump*				
Impeller	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*
Bahan kontruksi	*Commercial steel*				
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305
Pump head ,m	8,908	8,920	8,932	8,944	8,956
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30
Rate volumetric, Ft^3/s	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029
Kecepatan aliran, ft/s	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD, in	10,75	10,75	10,75	10,750	10,750

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-02	PU-02-2	PU-02-3	PU-02-4	PU-02-5
ID, in	10,020	10,020	10,020	10,020	10,020
Friction head, ft	12,8205	12,8601	12,8996	12,9392	12,9788
Efisiensi pompa	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa,watt	7.958,966224	7.969,741719	7.980,517213	7.991,292707	8.002,068201
Daya motor, watt	11.185,5	11.185,5	11.185,5	11.185,5	11.185,5
Kecepatan putar, rpm	8.755,774941	8.746,894752	8.738,035548	8.729,197254	8.720,379791
Harga, $	13.200	13.200	13.200	13.200	13.200

(Lanjutan Tabel 5.7)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-03	PU-03-2	PU-03-3	PU-03-4	PU-03-5
Fungsi	Mengalirkan air ldari bak ekualisasi (BE-01) menuju reverse osmosis (RO-01) dan bak penampung (BP-01)	Mengalirkan air dari bak ekualisasi (BE-01) menuju reverse osmosis (RO-01) dan bak penampung (BP-01)	Mengalirkan air dari bak ekualisasi (BE-01) menuju reverse osmosis (RO-01) dan bak penampung (BP-01)	Mengalirkan air dari bak ekualisasi (BE-01) menuju reverse osmosis (RO-01) dan bak penampung (BP-01)	Mengalirkan air dari bak ekualisasi (BE-01) menuju reverse osmosis (RO-01) dan bak penampung (BP-01)
Jenis pompa	*Centrifugal pump*				
Impeller	*Axial flow impellers*				
Bahan kontruksi	*Commercial steel*				
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305	988,7305
Pump head ,m	9,004	9,016	9,431	9,040	9,052
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30
Rate volumetric, ft^2/s	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029	2,2029
Kecepatan aliran, ft/s	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249	4,0249

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-03	PU-03-2	PU-03-3	PU-03-4	PU-03-5
Sch.Number	40	40	40	40	40
OD , in	10,750	10,750	10,750	10,750	10,750
ID, in	10,020	10,020	10,020	10,020	10,020
Friction head, ft	13,1370	13,1766	14,5378	13,2557	13,2953
Efisiensi pompa	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa, watt	8.045,170179	8.055,945673	8.426,646114	8.077,496662	8.088,272156
Daya motor, watt	1.1185,5	1.1185,5	1.1185,5	1.1185,5	1.1185,5
Kecepatan putar, rpm	8.685,316715	8.676,602259	8.388,726196	8.659,234398	8.650,580843
Harga alat, $	13.200	13.200	13.200	13.200	13.200

(Lanjutan Tabel 5.7)

Spesifikasi	Pompa Utilitas					
Kode	PU-04	PU-05	PU-06	PU-06-02	PU-07	PU-07-2
Fungsi	Mengalirkan air dari bak penampung (BP-01) menuju tangki sanitasi (TS-01)	Mengalirkan air dari tangki sanitasi (TS-01) untuk kebutuhan domestik	Mengalirkan air dari bak penampungan (BP-01) menuju *Hot Basin* (HB-01) dimana sebelumnya air laut sudah diproses	Mengalirkan air dari bak penampungan (BP-01) menuju *Hot Basin* (HB-01) dimana sebelumnya air laut sudah diproses	Mengalirkan air dari *hot basin* (HB-01) ke *cooling tower* (CT)	Mengalirkan air dari *hot basin* (HB-01) ke *cooling tower* (CT)
Jenis pompa	*Centrifugal pump*					
Impeller	*Radial flow impellers*	*Radial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*
Bahan kontruksi	*Commercial steel*					
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	17,7795	17,7795	2.405,4255	2.405,4255	2.405,4255	2.405,4255
Pump head ,m	11,353	12,624	7,821	7,827	7,834	7,840
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30	30
Rate volumetric, ft^3/s	0,0396	0,0396	5,3593	5,3593	5,3593	5,3593
Kecepatan aliran, ft/s	4,4491	4,4491	4,2273	4,2273	4,2273	4,2273

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-04	PU-05	PU-06	PU-06-02	PU-07	PU-07-2
Sch.Number	80	80	30	30	30	30
OD, in	1,660	1,660	16,000	16,000	16,000	16,000
ID, in	1,278	1,278	15,250	15,250	15,250	15,250
Friction head, ft	20,8436	25,0132	9,2542	9,2757	9,2973	9,3188
Efisiensi pompa	0,19	0,19	0,75	0,75	0,75	0,75
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa,watt	672,0392385	747,2683591	15.866,74193	15.880,04239	15.893,34284	15.906,6433
Daya motor, watt	1.118,55	1.118,55	18.642,5	18.642,5	18.642,5	18.642,5
Kecepatan putar, rpm	978,8192296	903,9429475	15.057,09901	15.047,63963	15.038,19409	15.028,76239
Harga alat, $	3.800	3.800	3.800	3.800	3.800	3.800

(Lanjutan Tabel 5.7)

Spesifikasi	Pompa Utilitas					
Kode	PU-08	PU-08-2	PU-09	PU-09-02	PU-10	PU-10-2
Fungsi	Mengalirkan air dari cooling tower ke penampungan	Mengalirkan air dari cooling tower ke penampungan	Mengalirkan air dari bak penampungan ke kation exchanger	Mengalirkan air dari bak penampungan ke kation exchanger	Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger	Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger
Jenis pompa	*Centrifugal pump*					
Impeller	*Axial flow impellers*	*Axial flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixedf low impellers*	*Mixedflow impellers*
Bahan kontruksi	*Commercial steel*					
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	2.405,4255	2.405,4255	65,9701	65,9701	65,9701	65,9701
Pump head ,m	7,847	7,853	8,995	8,995	9,155	9,155
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30	30
Rate volumetric, ft^3/s	5,3593	5,3593	0,1470	0,1470	0,1470	0,1470
Kecepatan aliran, ft/s	4,2273	4,2273	4,4230	4,4230	4,4230	4,4230

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-08	PU-08-2	PU-09	PU-09-02	PU-10	PU-10-2
Sch.Number	30	30	40	40	40	40
OD, in	16,000	16,000	2,880	2,880	2,880	2,880
ID, in	15,250	15,250	2,469	2,469	2,469	2,469
Friction head, ft	9,3403	9,3618	13,1071	13,1071	13,6307	13,6307
Efisiensi pompa	0,75	0,75	0,35	0,35	0,35	0,35
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa,watt	15.919,94376	15.933,24421	1.072,494404	1.072,494404	1.091,521488	1.091,521488
Daya motor, watt	18.642,5	18.642,5	1491,4	1491,4	1491,4	1491,4
Kecepatan putar, rpm	15.019,34447	15.009,94031	2.245,174071	2.245,174071	2.215,756729	2.215,756729
Harga alat, $	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000

(Lanjutan Tabel 5.7)

Spesifikasi	Pompa Utilitas					
Kode	PU-11	PU-11-2	PU-12	PU-12-02	PU-13	PU-14
Fungsi	Mengalirkan air dari anion exchanger ke tangki demin	Mengalirkan air dari anion exchanger ke tangki demin	Mengalirkan air dari tangki demin menuju ke daerator	Mengalirkan air dari tangki demin menuju ke daerator	Mengalirkan komponen NaOH ke keperluan di *anion exchanger*	Mengalirkan komponen HCl ke keperluan di *kation exchanger*
Jenis pompa	*Centrifugal pump*					
Impeller	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Mixed flow impellers*	*Radial flow impellers*	*Mixed flow impellers*
Bahan kontruksi	*Commercial steel*					
Viskositas ,cp	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Kapasitas, gpm	65,9701	65,9701	65,9701	65,9701	0,4346	0,2481
Pump head ,m	9,261	9,261	9,367	9,367	6,044	7,203
Suhu fluida, C	30	30	30	30	30	30
Rate volumetric, ft^3/s	0,1470	0,1470	0,1470	0,1470	0,0010	0,0006
Kecepatan aliran, ft/s	4,4230	4,4230	4,4230	4,4230	0,9926	1,1118

(Lanjutan Tabel 5.7)

Kode	PU-11	PU-11-2	PU-12	PU-12-02	PU-13	PU-14
Sch.Number	40	40	40	40	80	80
OD, in	2,880	2,880	2,880	2,880	0,675	0,540
ID, in	2,469	2,469	2,469	2,469	0,423	0,302
Friction head, ft	13,9797	13,9797	14,3288	14,3288	3,4256	7,2289
Efisiensi pompa	0,35	0,35	0,35	0,35	0,20	0,20
Jenis pompa	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp	Dp
Daya pompa,watt	1.104,20621	1.104,20621	1.116,890932	1.116,890932	8,307566634	5,652698801
Daya motor, watt	1.491,4	1.491,4	1.491,4	1.491,4	37,285	37,285
Kecepatan putar, rpm	2.196,638824	2.196,638824	2.177,901431	2.177,901431	245,5325811	162,6471849
Harga alat, $	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600

BAB VI

EKONOMI

6.1 Evaluasi ekonomi

Evaluasi ekonomi prarancangan pabrik akrilonitril dari proses dehidrasi etilen sianohidrin bertujuan untuk mengetahui tingkat keuntungan pabrik yang meliputi *Return on Investment (ROI), Pay Out time (POT), Break Even Point (BEP), Shut Down Point (SDP),* serta *Interest (i)* pada perhitungan *DCFR.*

6.1.1 *Capital Investment*

A. *Fixed Capital Investment*

Modal tetap industri *(Fixed Capital Investment)* merupakan penanaman modal yang berkaitan dengan pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik (Aries & Newton, 1955). *Fixed Capital Investment* yang diperlukan sebesar Rp. 753.722.547.094

B. *Working Capital*

Working Capital adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu. *Working Capital* yang diperlukan sebesar Rp. 990.720.972.659

Total modal investasi pabrik = *Fixed Capital Investment* + *Working Capital*

= Rp. 753.722.547.094 + Rp. 990.720.972.659 = Rp. 1.744.443.519.753

6.1.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang berhubungan secara langsung dengan proses produksi. Total *manufacturing cost* yang diperlukan sebesar Rp. 1.991.626.439.368

6.1.3 *General expense*

General expense adalah pengeluaran umum pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, seperti biaya administrasi, laboratorium, dan riset. *General expense* besarnya Rp. 330.683.407.895.

Total biaya produksi = *manufacturing cost* + *general expense*

= Rp. 1.991.626.439.368 + Rp. 330.683.407.895

= Rp. 2.322.309.847.263

Penjualan

- Harga jual akrilonitril = Rp. 38.671/kg
- Keuntungan sebelum pajak = Rp. 366.731.402.736
- Pajak 20% dari keuntungan = Rp. 73.346.280.547

(PERPU Nomor 1, 2022)

- Keuntungan sesudah pajak = Rp. 293.385.122.189

6.1.4 Analisis kelayakan

1. *Return on Investment* (ROI)

   ROI merupakan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan (Aries & Newton, 1955).

   ROI sebelum pajak = 48,36 %

ROI setelah pajak = 38,69%

2. *Pay Out Time* (POT)

   POT merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal tetap yang diinvestasikan berdasarkan keuntungan setiap tahun sebelum dikurangi penyusutan (Hal 195, Aries & Newton, 1955).

   POT sebelum pajak = 1,71

   POT sesudah pajak = 2,05

3. *Break Even Point (BEP)*

   BEP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknya, maka pabrik tersebut tidak mendapat keuntungan maupun kerugian. *Break Even Point* terjadi pada 41,12% kapasitas.

4. *Shut Down Point* (SDP)

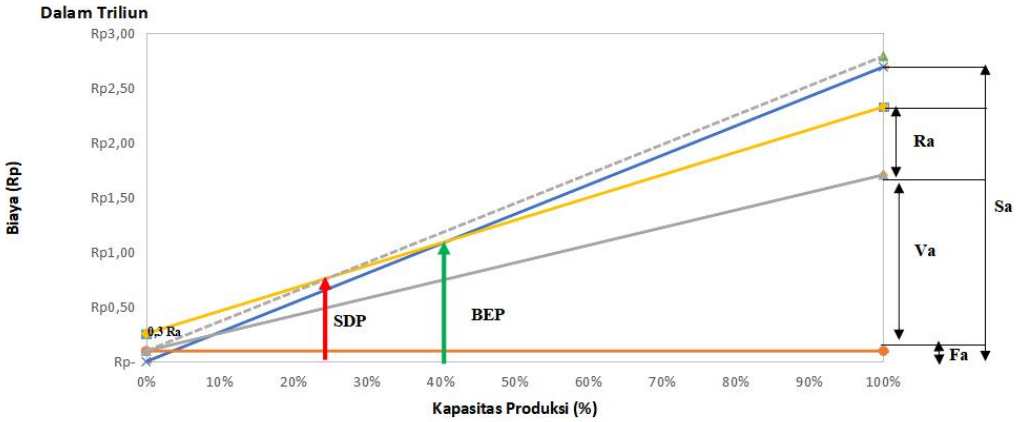
   Shut down point (SDP) merupakan kondisi dimana pabrik berhasil menjual sebagian dari kapasitas produksinya maka pabrik baik berproduksi maupun tidak, hanya dapat mengembalikan *fixed capital investment*. *Shut Down Point* (SDP) terjadi pada 25,30% kapasitas produksi.

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

   Discounted cash flow rate merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonominya. Dari hasil analisis diperoleh *Discounted Cash Flow Rate* sebesar 23,44%.

Tabel 6.1 Kesimpulan evaluasi ekonomi

Komponen	Hasil evaluasi	Satuan	Parameter *Low Risk*	Keterangan	Referensi
ROI sebelum pajak	48,36	%	ROI sebelum pajak minimum low 11%, high 44%	Layak	(Aries & Newton, 1955)
ROI setelah pajak	38,69	%		Layak	
POT sebelum pajak	1,71	tahun	POT sebelum pajak maksimum, low 5 tahun, high 2 tahun	Layak	
POT setelah pajak	2,05	tahun		Layak	
BEP	41,12	%	40-60%	Layak	
SDP	25,30	%	>20%	Layak	
DFCR	23,44	%	> 1,5 bunga bank = minimum = 5,25%	Layak	



Gambar 6.1 Grafik untuk menentukan *Break Even Point* (BEP)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Prarancangan pabrik akrilonitril dari etilen sianohidrin dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini direncanakan akan dibangun di kota Cilegon, provinsi Banten dengan luas area pabrik 37.220 m^2 dengan jumlah karyawan 198 orang. Dari hasil perhitungan dan evaluasi ekonomi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan tinjauan dari segi teknik yang meliputi pengadaan alat-alat produksi, penerapan teknologi, bahan baku, proses produksi, hasil produksi, dan tenaga kerja, maka pabrik akrilonitril dari dehidrasi etilen sianohidrin dengan kapasitas produksi 70.000 ton/tahun layak untuk dipertimbangkan
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
    a. Keuntungan yang diperoleh :

       Keuntungan sebelum pajak Rp. 364.497.780.008,84/tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 291.598.224.007,07/tahun.
    b. *Return On Investment* (ROI) :

       Presentase ROI sebelum pajak sebesar 48,36 % dan ROI setelah pajak sebesar 38,69 %. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah >44% (Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 1,71 tahun dan POT setelah pajak selama 2,05 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

d. *Break Event Point* (BEP) pada 41,12 %, dan Shut Down Point (SDP) pada 25,30 %. Diketahui bahwa syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 23,44 %. Harga DCF yang menarik bagi investor adalah 1,5 – 2,0 kali suku bunga bank. Suku bunga bank rata-rata saat ini adalah 5,25%.

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

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

1. Perlu diperhatikan pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah yang dihasilkan, sehingga dengan berkembangnya teknologi serta manusia,

diharapkan pabrik-pabrik kimia yang dibangun lebih ramah lingkungan.

3. Produk akrilonitril dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
4. Pemenuhan bahan baku didapatkan dari impor dan berasal dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company.

Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*. Badan Pusat Statistik.

Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2002). Transport Phenomena. In *Experientia* (2nd ed., Vol. 36, Issue 11). John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1007/BF01969584

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/9780470118849.ch4

BuyersGuideChem. (2022). *Ethylene cyanohydrin*. https://www.buyersguidechem.com/chemical_supplier/Ethylene_cyanohydrn

Cengel,Y.A.(2001). Heat Transfer. In *McGraw-Hill,* (2nd ed.). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20279-7_5

Cespi, D., Passarini, F., Neri, E., Vassura, I., & Ciacci, L. (2014). Life Cycle Assessment comparison of two ways for acrylonitrile production : the SOHIO process and an alternative route using propane. *Journal of Cleaner Production*, *69*, 17–25. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.057

Chuchani, G., Dominguez, R. M., Rotinov, A., Quijano, J., Valencia, C., Vicente, B., & Franco, D. (1999). Elimination kinetics of β-hydroxynitriles in the gas phase. *Journal of Physical Organic Chemistry*, *12*(1), 19–23. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1395(199901)12:1<19::AID-POC90>3.0.CO;2-L

EMIS. (2021). *ACRINOR ACRILONITRILA DO NORDESTE S.A. (BRAZIL)*. EMIS.

Grover, A., Sharma, M., Patel, D., & Mitra, S. (2012). *Manufacture of Acrylonitrile*.

Guerrero-pérez, M. O., & Banares, M. A. (2015). Metrics of acrylonitrile : From biomass vs . petrochemical route. *Catalysis Today*, *239*, 25–30. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.12.046

Hansora, D. P. (2014). Industrial manufacturing process of Acrylonitrile. *LAMBERT Academic Publishing*, *November*. http://www.worldcat.org/isbn/9783659485282

Hukkanen, E. J., Rangitsch, M. J., & Witt, P. M. (2013). Non-adiabatic multitubular fixed-bed catalytic reactor model coupled with shell-side coolant CFD model. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *52*(44), 15437–15446. https://doi.org/10.1021/ie4006832

ICIS. (2018). *China Chemicals Outlook*. ICIS.

INEOS. (2013, September). INEOS NITRILES AND TIANJIN BOHAI CHEMICAL INDUSTRY GROUP CORPORATION TO FORM JOINT VENTURE. *INEOS AG*.

INEOS. (2022). *INEOS Nitriles*. INEOS.

Karp, E. M., Eaton, T. R., SànchezNogué, V., Vorotnikov, V., Biddy, M. J., Tan, E. C. D., Brandner, D. G., Cywar, R. M., Liu, R., Manker, L. P., Michener, W. E., Gilhespy, M., Skoufa, Z., Watson, M. J., Fruchey, O. S., Vardon, D. R., Gill, R. T., Bratis, A. D., & Beckham, G. T. (2017). Renewable

acrylonitrile production. *Science*, *358*(6368), 1307–1310. https://doi.org/10.1126/science.aan1059

Kayo Kaiun Co Ltd. (n.d.). *Acrylonitrile (AN)*. Kayo Kaiun Co.,Ltd. Retrieved February 4, 2022, from https://www.koyotky.co.jp/fleet/cargo/an.html

Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer* (p. 878). McGraw-Hill.

Ludwig, E. E. (1999). *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*. https://darmansyah1982.files.wordpress.com/2011/08/applied_process_design_volume1_3e.pdf

Lukoil. (2014). Refining and Marketing. *Lukoil*, 35–61.

MarketWatch. (2022). *Global Acrylonitrile Market 2022 | Corporate Strategy Analysis | Analysis By Top Countries Data | By Top Players, Types, Applications | Forecast Till 2026*. MarketWatch. https://www.marketwatch.com/press-release/global-acrylonitrile-market-2022-corporate-strategy-analysis-analysis-by-top-countries-data-by-top-players-types-applications-forecast-till-2026-2022-01-25

McKetta, J. J. (1976). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (Vol. 1). Marcel Dekker.

Megyesy, E. F. (1999). *Pressure Vessel Handbook*. Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc.

Oki, N. (2020, August 5). Japan's Asahi Kasei forecasts petchem demand recovery. *Argus*.

Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineers'* (7th ed.).

McGraw-Hill.

Rase, H. F. (1977). Chemical Reactor Design for Process Plants. In *Wiley-Interscience Publication*. John Wiley & Sons, Inc.

Towler, G., & Sinnott, R. (2008a). *Chemical Egineering Design*. Elsevier Inc.

Towler, G., & Sinnott, R. (2008b). CHEMICAL ENGINEERING DESIGN : Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. In *Elsevier*. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-096659-5.00022-5

Yaws, C. L. (2003). Yaws' Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds. *Knovel*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

REAKTOR (R-01)

Tugas : Dehidrasi etilen sianohidrin (C_3H_5NO) menjadi akrilonitril (C_3H_3N) dan air dengan katalis alumina (Al_2O_3)

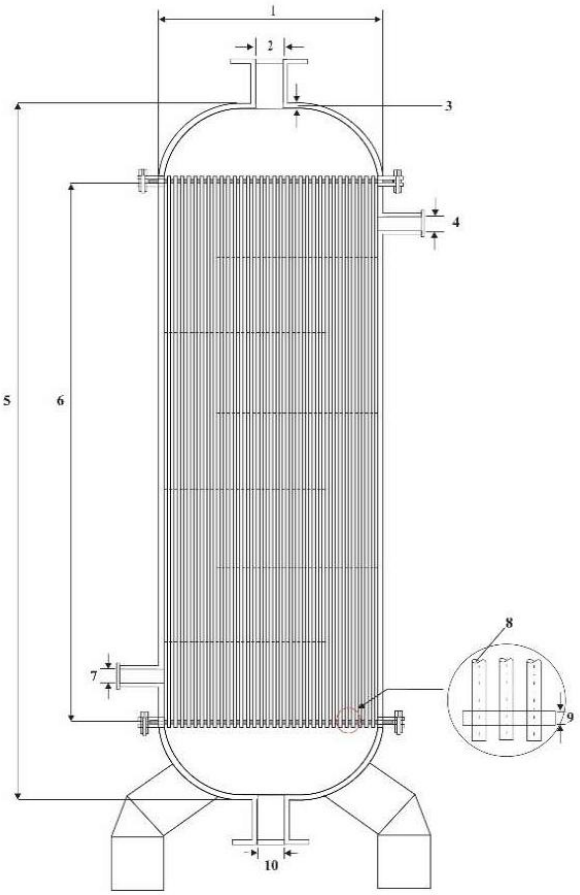
Bentuk : Reaktor *fixed bed multitube*

Fase : Gas

Tekanan : 1,5 atm

Suhu : 350˚C

Katalis : Alumina (Al_2O_3)



Gambar 1. Skema Reaktor (R-01)

keterangan =

1. Diameter luar reaktor
2. Saluran keluar produk
3. Tebal isolasi
4. Saluran masuk pemanas
5. Tinggi reaktor
6. Tinggi *shell*
7. Saluran keluar pemanas
8. *Tube* berisi katalis
9. *Grid support*
10. Saluran masuk reaktan

Kondisi Operasi

Fluida Panas

Media Pemanas	= *Superheated Steam*
Tekanan	= 1.5 atm
Suhu Masuk (T1)	= 360^{o}C
Suhu Keluar (T2)	= 344^{o}C
Kec. Massa Pemanas	= 40.000 kg/jam

Ukuran Alat

Jumlah Pipa	= 6.066
Spesifikasi Tube	
OD	= 60,452 mm
ID	= 52,502 mm
Spesifikasi shell	
IDs	= 7,341 m
Pitch	= 0,0756 m
A	= 22.536 m^2
Pressure drop	= 0,475 atm

Data sifat fisis

Seluruh data Diperoleh dari :

Carl L. Yaws , Chemical properties handbook : physical, thermodunamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organuc, and inorganic chemicals. (1999).

1. Massa molekul , Suhu didih normal [K] , suhu kritis [K], Tekanan krtis,[bar] dan faktor asentis

Komponen	Mw	Tb [K]	Tc [K]	Pc [bar]	Ω
C3H3N	53,064	350,5	535	44,8	0,35
H2O	18,015	373,15	647,13	220,55	0,35
C3H5NO	71,079	494,15	690	48,9	0,83

2. Kapasitas panas fase gas

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

C_p = heat capacity of ideal gas, joule/(mol K)
A, B, C, D, and E = regression coefficients for chemical compound
T = temperature, K

Komponen	A	B	C	D	E	Δhf [kJ /mol]
C_3H_3N	18,425	0,183	0,000	0,000	0,000	184,93
H_2O	33,933	-0,008	0,000	0,000	0,000	-241,80
C_3H_5NO	8,904	0,311	0,000	0,000	0,000	-98,30

3. Konduktivitas termal fase gas

$k_{gas} = A + B\,T + C\,T^2$

k_{gas} = thermal conductivity of gas, W/(m K)
A, B, and C = regression coefficients for chemical compound
T = temperature, K

Komponen	A	B	C
C_3H_3N	1,2040E-02	-4,9047E-05	1,4193E-07
H_2O	5,3000E-04	4,7093E-05	4,9551E-08
C_3H_5NO	-9,8900E-03	6,4376E-05	1,2371E-08

4. Viskositas fase gas

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

n_{gas} = viscosity of gas, micropoise
A, B, and C = regression coefficients for chemical compound
T = temperature, K

Komponen	A	B	C
C_3H_3N	-4,783000E+00	0,24047	-1,453E-05

H_2O	-3,682600E+01	0,42900	-1,620E-05
C_3H_5NO	-3,619000E+00	0,24863	-3,167E-05

5. Kecepatan massa masuk reaktor [kg/jam]

Komponen	kg/jam	kmol/jam
C_3H_3N	0,000	0,000
H_2O	126,698	7,033
C_3H_5NO	12543,143	176,468

1. Uraian Proses

Reaksi etilen sianohidrin menjadi akrilonitril dan air terjadi pada suhu 350°C dengan katalis padat alumina. Reaksi terjadi pada permukaan padatan katalis sedangkan reaktan masuk reaktor pada fase gas. Kondisi operasi reaktor ini adalah non-isotermal, non-adiabatis dengan suhu gas masuk reaktor 350°C dan tekanan 1,5 atm. Konversi reaktan menjadi akrilonitril sebesar 95%.

2. Menyusun Persamaan Reaksi

$$\underset{A}{C_3H_5NO} \rightarrow \underset{B}{C_3H_3N} + \underset{C}{H_2O}$$

Dehidrasi etilen sianohidrin adalah reaksi orde pertama. Dari sudut pandang kinetik, laju dehidrasi etilen sianohidrin akan meningkat dengan meningkatnya suhu.

Berdasarkan persamaan Arrhenius :

$$k = A\, e^{\frac{-Ea}{R\,T}}$$

$$\log k = 13{,}12 - \frac{227{,}1}{2{,}303\ R\ T}$$

(Chuchani et al., 1999)

Keterangan:

k = konstanta kecepatan reaksi (s^{-1})

A = faktor frekuensi tumbukan

Ea = energi aktivasi (kJ/mol)

R = konstanta gas $\left(8{,}314472 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol K}}\right)$

T = temperatur operasi (250°C-350°C)

3. Menghitung Neraca Massa Komponen Pada Reaktor.

Waktu operasi = 330 hari/tahun

Kapasitas = 70.000 ton/tahun

$$= \frac{70.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \text{ x } \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \text{ x } \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \text{ x } \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

= 8.838,384 kg/jam

Perbandingan umpan masuk reaktor adalah

a. Umpan Masuk Reaktor

Tabel A-1. Massa Umpan Reaktor

Masuk			
komponen	**BM**	**kg/jam**	**kmol/jam**
C_3H_3N	53,064	0,000	0,000
H_2O	18,015	126,698	7,033
C_3H_5NO	71,079	12.543,143	176,468
total		**12.669,841**	**183,501**

b. Reaksi

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi searah dengan konversi 95%. Secara stokiometri :

$$C_3H_5NO \longrightarrow C_3H_3N + H_2O$$

Mula	: 176,468	0,000	7,033
Reaksi	: 167,644	167,644	167,644
Sisa	: 8,823	167,644	174,644

Tabel A-1. Massa Gas Keluar Reaktor

Keluar			
komponen	**BM**	**kg/jam**	**kmol/jam**
C_3H_3N	53,064	8.895,874	167,644
H_2O	18,015	3.146,810	174,677
C_3H_5NO	71,079	627,157	8,823
total		**12.669,841**	**351,145**

4. Menentukan Jenis Reaktor

Reaktor yang dipilih adalah jenis *fixed bed multitube* dengan pertimbangan sebagai berikut:

a. Reaksi yang berlangsung adalah fase gas dengan katalis padat.

b. Umur katalis panjang 12-15 bulan

c. Reaksi endotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pemanas berlangsung optimal

d. Kehilangan katalis termasuk kecil jika dibandingkan dengan r*eactor fluidized bed.*

e. Tidak perlu pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.

f. Konstruksi reaktor lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatannya relatif murah.

(Hill, 1997)

Kondisi operasi reaktor :

a. non-isotermal dan non-adiabatik
b. P = 1,5 atm
c. T = 350˚C

5. Pembentukan Persamaan Matematis

a. Neraca massa untuk etilen sianohidrin dalam elemen volume Δv

Kecepatan massa etilen sianohidrin masuk - Kecepatan massa etilen sianohidrin keluar + etilen sianohidrin yang terbentuk dalam sistem = Akumulasi

Pada keaadan tunak, Akumulasi = 0

Fa : Kecepatan mol etilen sianohidrin, [kmol/s]

ra : Kecepatan mol etilen sianohidrin yang terbentuk dalam sistem [kmol/m^3s]

Id : diameter dalam pipa [m]

Keterangan :

Fa|v - Fa|v+Δv +(- ra)Δv =0

Fa|v - Fa|v+Δv = -(- ra) Δv

-dFa/dv = -(-ra)

v= π.Id2/4. z

$$-\frac{dFa}{(\pi.Id^2/4)dz} = -(-ra)$$

Keterangan :

Fa= Fa0.(1- xa)

Fa0 : kecepatan mol C_3H_5NO masuk reaktor [kmol/s]

xa : konversi reaksi C_3H_5NO menjadi C3H3N

Subtitusi ke persamaan diatas , diperoleh:

$$\frac{Fa\,0\,dxa}{dz} = -ra.(\pi.Id^2/4)$$

$$\frac{dxa}{dz} = \frac{-\,ra.(\pi.Id^2/4}{Fa\;0}$$

b. Neraca panas dalam elemen volume Δv

Ud a" (Tg - Tp)Δz

Keterangan:

Ud : Koefisien transfer panas [kJ / m^2 s K]

a" : Luas permukaan luar tabung [m^2 /m]

Tg : Suhu reaktor [K]

Tp : Suhu pendingin [K]

Qg : Panas yang dibawa oleh bahan [kJ/s]

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + panas yang dalam sistem - perpindahan panas dalam sistem = akumulasi

$$Qg\Big|_z - Qg\Big|_{z+\Delta z} + Qr - Qpp = 0$$

Qr = (-ra) .Δhra ($\pi .Id^2/4$) . Δz

Keterangan :

(-ra) = kecepatan reaksi etilen sianohidrin menjadi akrilonitril [kmol/ kgcat.s]

Δhra = Enthalpy reaksi [kJ /kmol]

diambil limit Δz→0, diperoleh:

$$\lim_{\Delta z \to 0} \frac{Qg\,|_z - Qg\,|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -[(-ra).\Delta hr]\pi\frac{Id^2}{4} + Ud.\pi.Od.(Tg - Tp)$$

$$-\frac{dQg}{dz} = -[(-ra).\Delta hr]\pi\frac{Id^2}{4} + Ud.\pi.Od.(Tg - Tp)$$

Qg =∑fgi cpgi (Tg - Treff)

cpg : Kapasitas panas masing masing komponen pada fase gas [kJ/kmol . K]

Tg : suhu gas [K]

Treff : Suhu referensi [K]

$$\frac{dQg}{dz} = \Sigma Fg.cpg\frac{dTg}{dz} + (Tg - Treff)\frac{d\Sigma Fgcpg}{dz}$$

Bila ∑Fgi cpgi dianggap tetap , maka persamaan neraca panas

$$-\frac{dTg}{dz} = \frac{-[(-ra).\Delta hr]\pi\frac{Id^2}{4} + Ud.\pi.Od.(Tg - Tp)}{\Sigma Fg_i.cpg_i}$$

c. Neraca panas untuk media pemanas

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + perpindahan kalor dalam sistem = akumulasi

cpp : kapasitas panas media pemanas, kJ/kg K

fmassp : kecepatan massa media pemanas, kg/s

npipa : Jumlah pipa

Od : Diameter luar pipa, m

Qp : Panas yang dibawa oleh pemanas, kJ/s

Tg : Suhu gas, K

Tp : Suhu pemanas, K

Treff : Suhu referensi, K

Ud : Koefisien perpindahan kalor, kJ/ m^2sK

1. Neraca panas :

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + perpindahan kalor dalam sistem = akumulasi

pada keadaan tunak, akumulasi = 0

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

$$Lim \frac{Qp|_z - Qp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud\,\pi\,Od\,npipa(Tg - Tp)$$

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

Qp = fmassp cpp (Tp -Treff)

$$\frac{d\ fmassp\ cpp\ (Tp - Treff)}{dz} = Ud\ \pi\ Od\ npipa\ (Tg - Treff)$$

$$\frac{dTp}{dz} = \frac{Ud\ \pi\ Od\ npipa\,(Tg - Tp)}{fmassp\ cpp}$$

2. Penurunan tekanan

Persamaan penurunan tekanan dihitung dengan persamaan Tallmagade

(Bird, R.B., " Transport Phenomena ", ed 2, halaman 191)

$$\frac{dPt}{dz} = [\,150(\frac{1-\varepsilon}{\mathrm{Re}\,p}) + 4.2\,(\frac{1-\varepsilon}{\mathrm{Re}\,p})^{1/6}]\,(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3})\,\frac{Gp^2}{\rho\ Dp}$$

Dengan hubongan:

Dp : Diameter katalis, m

Gp : Flux massa, kg/m^{2}s

Rep : Bilangan Reynold

Pt : Tekanan, Pa

Є : Porositas katalis

ρ : Rapat massa gas, kg/m^3

Dari pemodelan matematis diatas diperoleh persamaan persamaan:

$$\frac{dxa}{dz} = \frac{-\ ra\ .(\ \pi\ .Id\ ^{2}\ /\ 4}{Fa\ \ 0}$$

$$-\frac{dTg}{dz} = \frac{-\ [(-ra)\ \Delta hr]\ \pi\ \frac{Id\ ^{2}}{4} +\ Ud.\ \ \pi d.\pi.Od\ \ \ g\ -\ Tp)}{\Sigma Fg\ \ _{i}\ .cpg\ \ _{i}}$$

$$\frac{dTp}{dz} = \frac{Ud\ \pi\ Od\ npipa(Tg - Tp)}{fmassp\ cpp}$$

$$\frac{dPt}{dz} = [150(\frac{1-\varepsilon}{\mathrm{Re}p}) + 4.2\,(\frac{1-\varepsilon}{\mathrm{Re}p})^{1/6}]\,(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3})\,\frac{Gp^2}{\rho\ Dp}$$

Merupakan persamaan differensial biasa order 1 yang dapat diselesaikan secara simultan

6. Persamaan pendukung

a. Variabel prarancangan:

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

- Suhu reaktan masuk, K
- Tekanan reaktor, atm
- Suhu media pendingin masuk, K
- Bilangan Reynold
- Kecepatan massa media pemanas yang diperlukan

b. Ukuran pipa

Dipilih berdasarkan Rase,H.F.,"Chemical Reactor Design for Process

Plants",(1977),John Wiley and Son,Inc.,N.Y,vol.I, hal.535

Ukuran pipa yang digunakan berkisar antara 1 "in sampai 2 "

c. Jumlah pipa

Jumlah pipa yang diperlukan dihitung berdasarkan bilangan Reynold yang digunakan

$$\mathrm{Re}\, p = \frac{Id\ Gp}{\mu}$$

Gp : Flux massa aliran dalam pipa, kg /m^2 s

Id : Diameter dalam pipa, m

Rep : Bilangan Reynold

Flux massa dihitung dengan persamaan:

$$Gp = \frac{fmasst}{npipa\ ap}$$

ap : Luas aliran dalam pipa, m

fmasst : kecepatan massa total, kg/s

npipa : Jumlah pipa

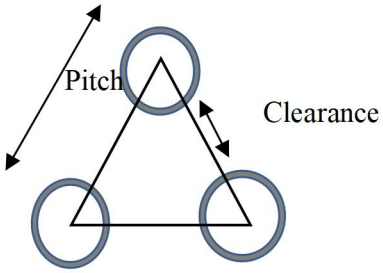
masukan dalam persamaan bilangan Reynold, diperoleh :

$$\mathrm{Re}\, p = \frac{Id\ fmasst}{\mu\ npipa\ ap}$$

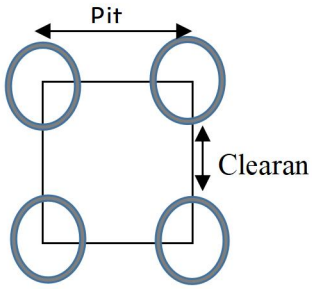
$$npipa = \frac{Id\ fmasst}{\mathrm{Re}\, p\ ap\ \mu}$$

d. Susunan pipa

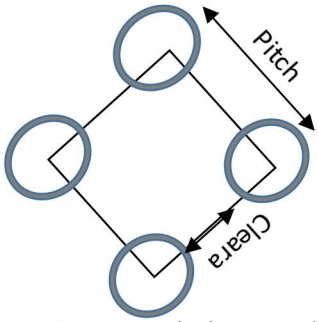
pipa dalam reaktor dapat disusun secara triangular atau secara bujur sangkar



Susunan triangular



Susunan bujur sangkar



Susunan bujur sangkar yang dirotasi

Diameter ekivalen

Untuk susunan bujur sangkar, diameter ekivalen dihitung dengan persamaan:

$$De = \frac{4\ x\ (Pitch^2 - \pi\ Od^2/4)}{\pi\ x\ Od}$$

(Kern, D.Q., halaman 138)

De : Diameter ekivalen, m

Pitch : Jarak antara 2 pusat lingkaran pipa, m

Od : Diameter luar pipa, m

Untuk susunan triangular

$$De = \frac{4\ x\ (1/2\ Pitch\ x\ 0.86\ x\ Pitch - 1/2\ \pi\ Od^2\ /4)}{1/2\ \pi\ Od}$$

(Kern, D.Q., "Process Heat transfer", halaman 139)

e. Diameter selongsong

Untuk susunan bujur sangkar dihitung dengan persamaan:

$$Npipa = \frac{[(Ids - K_1)^2\ \pi\ /4 + K_2\ ]\ \pi / 4 + K_2] - Pitch\ (Ids - K_1)\ (K_3\ npass + K_4)}{Pitch^2}$$

Untuk susunan trangular:

$$Npipa = \frac{[(Ids - K_1)^2\ \pi / 4 + K_2] - Pitch(Ids - K_2)[K_3\ npass + K_4]}{1.233\ Pitch^2}$$

Nilai konstanta K_1, K_2, K_3, dan K_4

Untuk susunan bujur sangkar

K1 = -1,04

K2 = -0,10

K3 = 0,43

K4 = -0,25

Untuk Susunan triangular

K1 = -1,08

K2 = -0,90

K3 = 0,69

K4 = -0,80

Persamaan dan data tersebut diperoleh dari Ludwig, E.E.,Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants ed III, vol 3, halaman 36

f. Koefisien perpindahan kalor gabungan

Dihitung berdasarkan persamaan korelasi:

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

Rd : Resistansi thermal terhadap pengotor, m^2sK/kJ

Uc : Koefisien perpindahan kalor gabungan bersih, kJ/m^2sK

Ud : Koefisien perpindahan kalor gabungan design, kJ/m^2sK

Persamaan Rd disusun kembali menjadi:

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

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

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong dihitung dengan persamaan:

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

Toweler, G., Ray Sinnott, " CHEMICAL ENGINEERING DESIGN" Butterworth Heinsemann Elsevier, London (2008) halaman 824

Dengan hubungan:

Id : Diameter pipa, m

Hi : koefisien perpindahan kalor dalam pipa, kJ/m^2sK

kthav : konduktivitas thermal gas, kJ/msK

Prt : Bilangan Prandtl

Ret : Bilangan Reynold

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong dihitung dengan persamaan :

$$ho = 0.36 \frac{kth}{De} \mathrm{Re}^{0.55}\ \mathrm{Pr}^{1/3}$$

De : Diameter ekivalen, m

ho : Koefisien perpindahan kalor pada selongsong, kJ/m^2sK

kth : Konduktivitas thermal, kJ/m^2sK

Re : Bilangan Reynold

Pr : Bilangan prandtl

g. Komposisi masing masing komponen pada konversi x1

Akrilonitril

Kecepatan mol akrilonitirl = kecepatan mol akrilonitril masuk + akrilonitril hasil reaksi

fmol1 = fmolin1

Etilen sianohidrin

Kecepatan mol Etilen sianohidrin = kecepatan mol etilen sianohidrin masuk - etilen sianohidrin reaksi

fmol2 = fmolin2 - xa fmolin2

Air

Kecepatan mol Air = kecepatan mol Air masuk + kecepatan mol Air untuk reaksi

fmol3 = fmolin3 + xa . Fmolin2

Fraksi mol masing masing komponen

Dihitung dengan persamaan:

$$y_i = \frac{kecepatan\ mol\ masing\ masing\ komponen}{kecepatan\ mol\ total}$$

Viskositas gas campuran

dihitung dengan persamaan :

$$\mu av = \frac{\Sigma y_i \ \mu_i \ \sqrt{Mw_i}}{\Sigma y_i \ \sqrt{Mw_i}}$$

Dengan hubungan:

Mwi : Massa molekul masing masing komponen

Yi : Fraksi mol masing masing komponen

μi : viskositas masing masing komponen, kg/ms

Konduktivitas thermal campuran Dihitung dengan persamaan :

$$kthav = \frac{\Sigma y_i \; kth_i \; \sqrt[3]{Mw_i}}{\Sigma y_i \sqrt[3]{Mw_i}}$$

kthi : Konduktivitas thermal masing masing komponen, kJ/msK

kthav : Konduktivitas thermal campuran, kJ/msK

7. Penyelasian persamaan matematik

Persamaan matematis diselesaikan dengan cara Rungge Kutta

$z_{n+1} = z_n + \Delta z$

$xa_{n+1} = xa_n + (k1 + 2\ k2 + 2\ k3 + k4) / 6$

$Tg_{n+1} = Tg_n + (l1 + 2l2 + 2\ l3 + l4) / 6$

$Tp_{n+1} = Tp_n + (m1 + 2m2 + 2\ m3 + m4) / 6$

$Pt_{n+1} = Pt_n + (n1 + 2\ n2 + 2\ n3 + n4) / 6$

k1, l1 , m1, n1 : Konstanta Rungge Kutta ke 1

Konstanta Rungge Kutta ke 1

$k1 = \frac{\Delta xa}{\Delta z} \Delta z$ dievaluasi pada xa_n , Tg_n , Tp_n , Pt_n

$l1 = \frac{\Delta Tg}{\Delta z} \Delta z$ dievaluasi pada xa_n , Tg_n , Tp_n , Pt_n

$m1 = \frac{\Delta Tp}{\Delta z} \Delta z$ dievaluasi pada xa_n , Tg_n , Tp_n , Pt_n

$n1 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z} \Delta z$ dievaluasi pada xa_n , Tg_n , Tp_n , Pt_n

Konstanta Rungge Kutta ke 2

$$k2 = \frac{\Delta xa}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xa_n + k1/2$, $Tg_n + l1/2$, $Tp_n + m1/2$, $Pt_n + n1/2$

$$l2 = \frac{\Delta Tg}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xa_n + k1/2$, $Tg_n + l1/2$, $Tp_n + m1/2$, $Pt_n + n1/2$

$$m2 = \frac{\Delta Tp}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xa_n + k1/2$, $Tg_n + l1/2$, $Tp_n + m1/2$, $Pt_n + n1/2$

$$n2 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xa_n + k1/2$, $Tg_n + l1/2$, $Tp_n + m1/2$, $Pt_n + n1/2$

Konstanta Rungge Kutta ke3

$$k3 = \frac{\Delta xa}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xa_n + k2/2$, $Tg_n + l2/2$, $Tp_n + m2/2$, $Pt_n + n2/2$

$$l3 = \frac{\Delta Tg}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xan + k2/2$, $Tgn + l2/2$, $Tpn + m2/2$, $Ptn + n2/2$

$$m3 = \frac{\Delta Tp}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada $xan + k2/2$, $Tgn + l2/2$, $Tpn + m1/2$,

Ptn + n2/2

$$n3 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada xan + k2/2 , Tgn + l2 /2 , Tpn + m2 /2 , Ptn + n2 /2

dievaluasi pada xan + k2/2 , Tgn + l2 /2 , Tpn + m2 /2 , Ptn + n2 /2

$$k4 = \frac{\Delta xa}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada xa_n + k3 , Tg_n + l3 , Tp_n + m3 , Pt_n + n3

$$l4 = \frac{\Delta Tg}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada xa_n + k3 ,Tg_n + l3 , Tp_n + m3 , Pt_n + n3

$$m4 = \frac{\Delta Tp}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada xa_n + k3 ,Tg_n + l3 , Tp_n + m3 , Pt_n + n3

$$n4 = \frac{\Delta Pt}{\Delta z}\Delta z$$

dievaluasi pada xa_n + k3 ,Tg_n + l3 , Tp_n + m3 , Pt_n + n3

Kondisi masuk dan variabel perancangan:

Z0 = 0,000 Tebal tumpukan katalis

x1 = 0,000 Konversi reaksi pada saat masuk

Tg = 623,15 Suhu bahan masuk reaktor, K

Pt = 1,520 Tekanan operasi pada saat masuk, bar

Bilangan Reynold, Re = 1000

Media pemanas

sebagai media pemanas dipakai superheated steam

kecepatan massa = 40.000 kg/jam

Suhu masuk = 633,15 K

Tekanan = 1,013 bar

Data katalis

Sebagai katalis dipakai alumina

Bentuk fisik : Butiran

Diameter : 0,0076 m

Porositas : 0,8

Rapat massa : 3.950 kg/m^3

Faktor pengotoran : 0,529 m^2sK/kJ

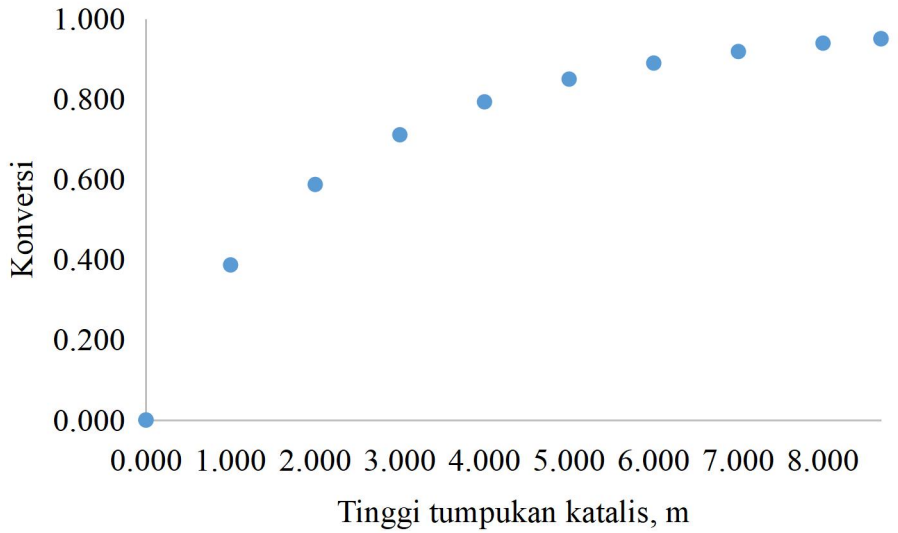
8. Penyelesaian persamaan matematis

Hasil penyelesaian persamaan persamaan diatas diperoleh hasil berikut ini

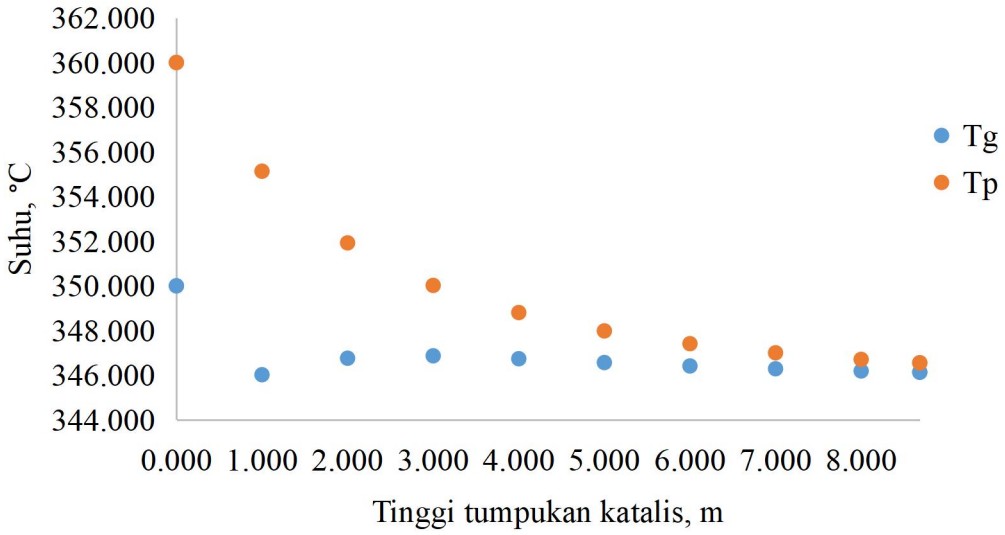
Hubungan antara tinggi ,konversi, suhu dan tekanan

z (m)	x1	Tg (C)	Tp (C)	Pt (atm)
0,000	0,00000	350,000	360,000	1,5000
0,000	0,00000	350,000	360,000	1,5000
13,132	0,23100	347,380	356,425	1,4881
26,265	0,38500	347,121	353,597	1,4735
39,397	0,49720	346,883	351,549	1,4569
52,529	0,58270	346,541	350,034	1,4387
65,662	0,64990	346,171	348,873	1,4191
78,794	0,70380	345,817	347,960	1,3983
91,926	0,74750	345,497	347,227	1,3765
105,058	0,78350	345,215	346,630	1,3537
118,191	0,81340	344,968	346,138	1,3300
131,323	0,83830	344,754	345,729	1,3054
144,455	0,85930	344,568	345,386	1,2800
157,588	0,87710	344,407	345,098	1,2537
170,720	0,89220	344,268	344,853	1,2265
183,852	0,90500	344,147	344,646	1,1985
196,984	0,91600	344,041	344,468	1,1697
210,117	0,92550	343,950	344,316	1,1398
223,249	0,93370	343,870	344,185	1,1091
236,381	0,94070	343,800	344,072	1,0773
249,514	0,94680	343,739	343,975	1,0444
257,209	0,95000	343,707	343,924	1,0246
257,209	0,95000	343,707	343,924	1,0246

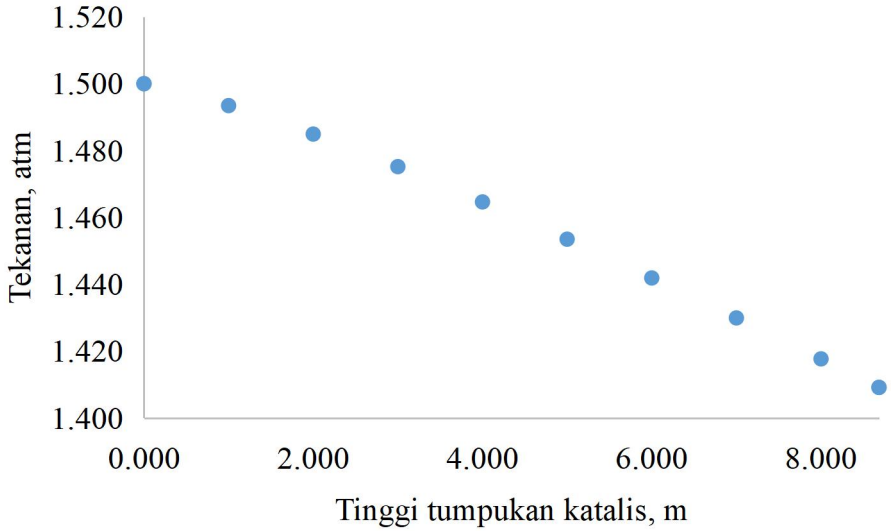
Dipilih , konversi = 0,950



Gambar A-1 Grafik hubungan antara konversi dengan tinggi tumpukan katalis



Gambar A-2 Grafik hubungan antara suhu dengan tinggi tumpukan katalis



Gambar A-3 Grafik hubungan antara tekanan dengan tinggi tumpukan katalis

Neraca Massa

komponen	masuk		keluar	
	kmol/jam	kg/jam	kmol	kg/jam
C_3H_3N	0,000	0,000	167,644	8.895,874
H_2O	7,033	126,698	174,677	3.146,810
C_3H_5NO	176,468	12.543,143	8,823	627,157
total	183,501	12.669,841	351,145	12.669,841

Ukuran pipa

Diameter luar pipa = 60,452 mm

Diameter dalam pipa = 52,502 mm

Jumlah pipa = 6066 batang

Susunan = 75,565 mm triangular

Diameter Selongsong = 7,341 m

Baffle jenis segmental

Jarak antar baffle = 1,471 m

tebal tumpukan katalis = 19,562 m

Suhu gas masuk = 350,000°C

Suhu gas keluar = 343,707°C

Suhu pemanas masuk = 360,000°C

Suhu pemanas keluar = 343,707°C

kec. massa pemanas = 40.000 kg/jam

Tekanan masuk = 1,5 atm

Tekanan keluar = 1,02455 atm

Pressure drop = 0,475 atm

Kapasitas per pipa = 6,5941 kg/jam

9. Perhitungan pelengkap

Perhitungan pelengkap terdiri dari:

a. Tebal dinding selongsong dan penutup reaktor

1. Tebal dinding selongsong

dihitung dengan persamaan 13.42 Sinnot,*Chemical Engineering Design Principles,Practice and Economics of Plant and Process Design*, (2008), Mc.Graw-Hill halaman 986

$$ts = \frac{Pgauge\ Ids}{4\ f\varepsilon + 0.8\ Pgauge} + C'$$

Dengan hubungan:

C' : Faktor korosi, m

Fall : *Allowable stress*, Pa

Pgauge : Tekanan perancangan menurut alatukur, Pa

Ids : Diameter dalam selongsong, m

ts : tebal dinding selongsong, m

Ids : Diameter selongsong, m

Ids : 10,396 m

Tekanan operasi

Poperasi : 1 atm (Tekanan operasi media pemanas)

Tekanan perancangan:

Dirancang : Selongsong mampu menahan tekanan sebesar 50% lebih tinggi dari tekanan operasi (Meggyessy,"Pressure vessel handbook", Butherfold, London

(1999), halaman 17)

Pdesign = 150,00% x 1 atm x $\frac{101.325\ Pa}{atm}$

Pdesign = 151.987,5 Pa

Pgauge= 151.987,5 Pa - 101325,00 Pa = 50.662,500 Pa

Bahan konstruksi: dipilih baja karbon A 285

Allowable stress, fall = 12.900 psi

(Sinnott,"*Chemical Engineering Design Principles , Practice and Economics of Plant and Process Design*", halaman 982)

fall = 12.900 psi x $\frac{atm}{14{,}7\ Psi}$ x $\frac{101325{,}00\ \text{Pa}}{atm}$

Fall = 88.917.857,14 Pa

C' = 0,125 in x 0,0254 $\frac{m}{in}$ = 0,0032 m

Effisiensi sambungan

ε = 90% Tabel 13.2 Brownell and Young

ts = $\frac{50.662{,}500\ \text{Pa} \times 7{,}341\ \text{m}}{2 \times 88.917.857{,}14\ \text{Pa} \times 90{,}0\% - 0{,}8 \times 50.662{,}5\ \text{Pa}}$ + 0,003175 m

ts = 0,005499417m

b. Tutup reaktor (head)

Dipilih jenis elipsoidal

Pemilihan jenis tutup dapat dibaca pada, Sinnott, "*Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design* (2008), Butterworth, halaman 987)

tebal penutup dihitung dengan persamaan:

$$th = \frac{Pgauge\ Ids}{4\ fall - 0.4\ Pgauge} + C'$$

(Sinnott, halaman 990)

Dengan hubungan:

C' : faktor korosi, m

Fall : tegangan yang diijinkan, Pa

Ids : Diameter dalam selongsong, m

Ids : Diameter dalam selongsong, m

th : Tebal penutup, m

Tekanan operasi : 1,520 bar

tekanan perancangan : 120% x 1,520 bar = 1,823 bar

Tekanan alat ukur = 1,823 bar - 1,01325 bar = 0,81015 bar

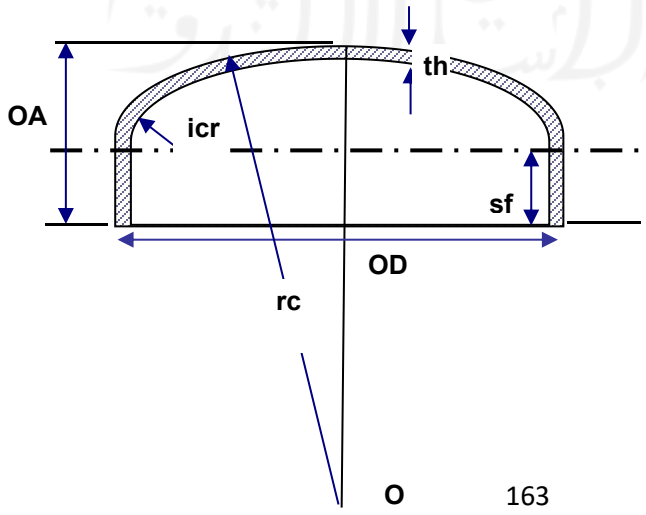
= 0,81015 bar x [10^5 Pa /bar]

= 81.015 Pa

$$th = \frac{81.015\ Pa \times 7{,}34\ m}{2 \times 88.917.857{,}14\ Pa - 0{,}4 \times 81.015\ Pa} + 0{,}003175m$$

th = 0,006520064 m

c. Tinggi penutup



icr : jari jari sudut internal, m

rc : Jari jari kelengkungan, m

sf : Flange lurus, m

th : tebal penutup, m

OA : Tinggi penutup, m

Tinggi penutup dihitung dengan persamaan:

OA = th + b + sf

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

$$BC = r - icr$$

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

Nilai sf diperoleh dari tabel 5.6 Brownell dan Young, *Process Equipment Design*, (1959), John Willey and son, New York

nilai sf berkisar antara 1½ in sampai 3½ in

dipilih sf = 3,5 in x [0,0254 m/in]

= 0,0889 m

r = ids = 7,341 m

icr = 7,25 in x [0,0254 m/in]

icr = 0,184 m

BC = r - icr = 7,341 m - 0,184 m = 7,157 m

AB = Ids/2 - icr = $\frac{7,157 \text{ m}}{2}$ - 0,184 m = 3,48655 m

OA = 7,341 m - $[(7,157 \text{ m})^2 - (3,48655 \text{ m})^2]^{0.5}$

OA = 1,091 m

Tinggi Total

Htotal = Tinggi katalis +2 x Ballast + 2 x Tinggi Head

Tinggi ballast : 2,5 in (Rase , H.F., *Chemical Reactor Design* , John Willey 1977)

: 2,5 in x [0,0254 m /in] = 0,064 m

Tinggi total : 19,562 m + 2 x 0,064 m + 2 x 1,091 m = 21,871 m

Isolator

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar diberi isolator

suhu udara , Tu = 308,15 K

Dirancang : Suhu dinding luar isolator , Ti = 313,15 K

Bahan Isolator : Dipilih *Glass fiber*

pilihan bahan isolator didasrkan :

1 . Suhu operasi

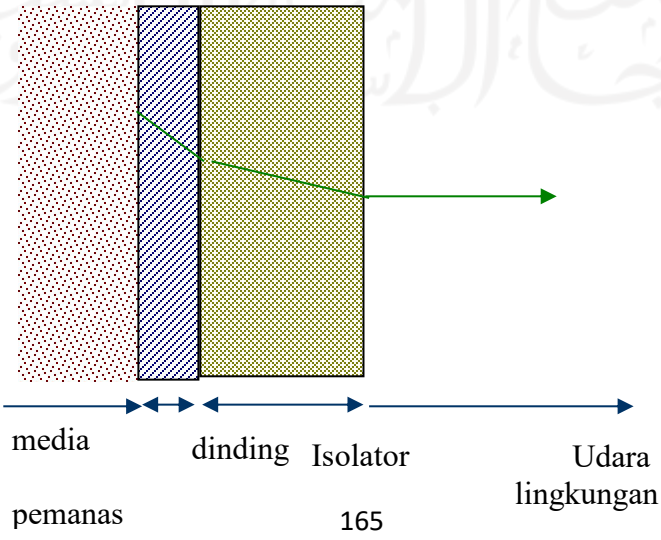
2 . Konduktivitas thermal yang kecil

kth = 0,043 W/mK

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

konduktivitas thermal baja , kths= 80,2 W/mK

sketsa perpindahan kalor dari dinding dalam selongsong ke udara lingkungan



xs : Tebal dinding selongsong, m

xi : Tebal dinding isolator, m

Tp : suhu media pemanas, K

Ts' : Suhu permukaan dalam selongsong, K

Ts" : Suhu permukaan luar selongsong, K

ti : Suhu dinding luar isolator, K

tu : Suhu udara lingkungan, K

Asumsi :

Suhu permukaan dinding dalam selongsong = suhu media pemanas

Perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan kalor yang terjadi:

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

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

3. Perpindahan kalor secara koveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong mengikuti persamaan:

$$q = kths \quad \frac{Tp - ts''}{xs}$$

kths: konduktiitas thermal baja [kJ/ms K]

2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator mengikuti persamaan:

$$q = kthi \frac{ts'' - ti}{xi}$$

kthi: konduktiitas thermal isolator [kJ/ms K]

3. Perpindahan kalor secara koveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

a. Perpindahan kalor secara konveksi :

hc : koefisien perpindahan kalor secara konveksi ke udara lingkungan [kJ/m^{2}sK]

Dihitung dengan persamaan:

Koefisien perpindahan kalor

hc : koefisien perpindahan kalor secara konveksi ke udara lingkungan [kJ/m^{2}sK]

Dihitung dengan persamaan:

hc = 0.3 x [ti - tu] 0.25 Btu /jam ft^2 F [Kern D.Q]

ti = Suhu isolator dalam F = 104 F

Tu = Suhu udara lingkungan F = 95 F

hc = 0.3 (104 - 95)$^{0.25}$ Btu /jam ft^2 F [Kern D.Q]

= 0,5196 Btu /jam ft^2 F [Kern D.Q]

hc = $\frac{0{,}5196\ x\ 5.671\ x\ 10^{-3}\ kJ/m^2sK}{Btu\ /\ jam\ ft^2F}$

hc = 0,002946738 kJ /m^{2}sK

Qc = 0,002946738 kJ /m^{2}sK x [313,15 K - 308,15 K]

Qc = 0,01473369 kJ/m^{2}sK

Qc = $\frac{Tp - Ti}{kths/\ xs + kthi/\ xi}$

xs : tebal dinding selongsong = 0,005499417 m

kths : konduktivitas termal baja = 0,0802 kJ /m sK

kthi : Konduktivitas termal isolator = 0,000043 kJ /m sK

0,01473369 kJ/m^{2}sK = $\frac{633\ K - 313{,}15\ K}{\frac{0{,}80\ \text{kJ /m sK}}{0{,}0055\ m} + \frac{xi\ m}{0{,}000043\ \text{kJ /m sK}}}$

nilai xi dihitung dengan cara iterasi sampai ruas kiri = ruas kanan

tebal dinding isolator (xi) = 0,9972 m

Menghitung WHSV (weight hourly space velocity), /jam

WHSV = Hourly mass feed flow rate/ Catalyst mass

massa katalis = Volume pipa x ρ katalis

volume pipa = Jumlah pipa x $\pi D^2/4$ x tebal tumpukan

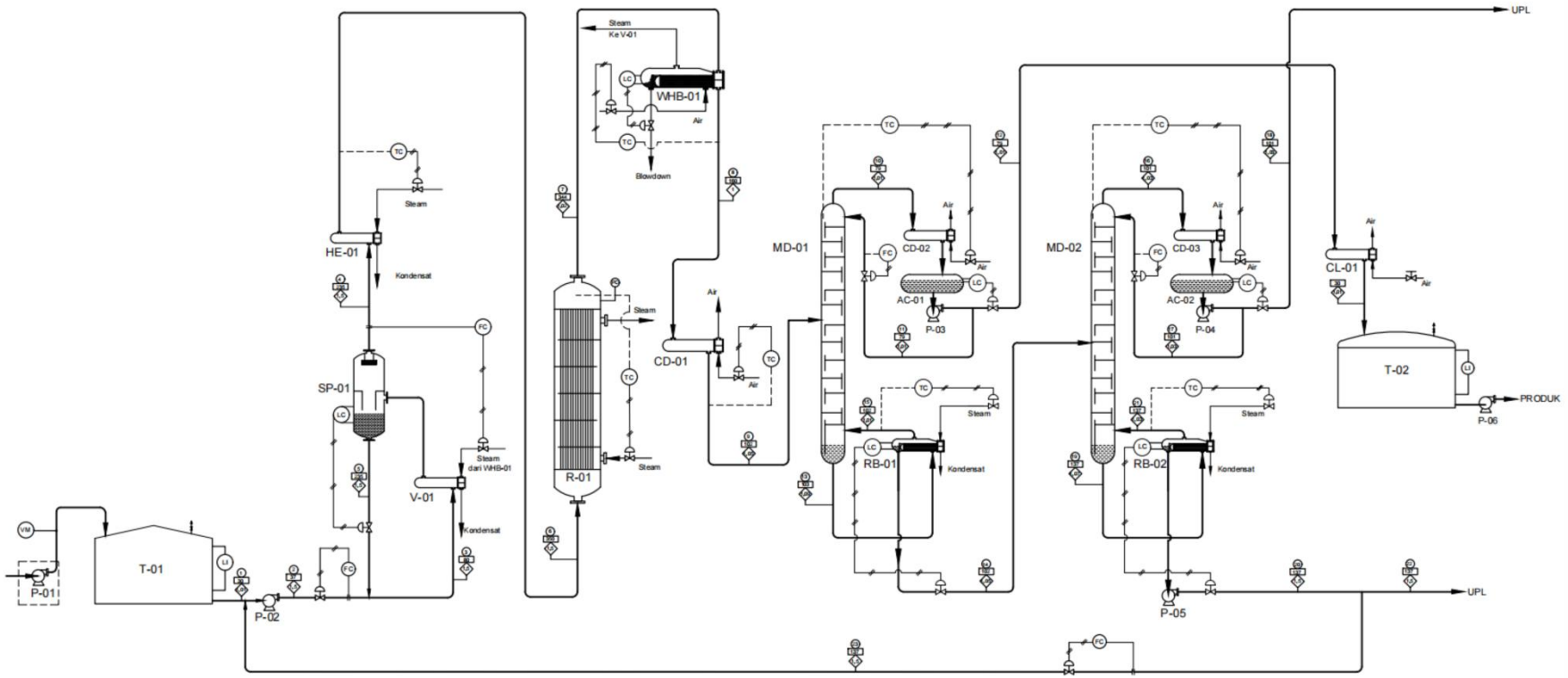
Volume pipa = 6.066 x $\frac{3{,}14\ x\ 2{,}756\ m}{4}$ x 19,6 m = 256.764 m^3

Massa katalis = 256764 m^3 x 3950 kg/m^3 = 1.014.216.798 kg

WHSV = $\frac{12.670\ \text{kg/jam}}{9{,}01\times10^8\ \text{kg}}$ = 0,00001249 jam

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI ETILEN SIANOHIDRIN
KAPASITAS : 70000 ton/thn



Nomor Arus (kg/jam)

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C_3H_3N					0,59	8895,87	8895,87	8895,87	8895,87	23755,57	14948,66	8806,92	516,64	88,96	427,68	21,35	1,41	19,94	88,78		19,76		
H_2O	86,56	126,70	128,29	126,70	1,59	3146,81	3146,81	3146,81	3146,81	84,88	53,41	31,47	11115,14	3115,34	7999,80	3301,53	217,35	3084,19	3302,25	40,14	3271,10	12,54	27,60
C_3H_3NO	12046,43	12543,14	15797,50	12543,14	3254,35	627,16	627,16	627,16	627,16				645,81	627,16	18,66	6,71	0,44	6,27	627,53	496,71	6,64	124,18	372,53
TOTAL	12133,00	12669,84	15925,78	12669,84	3255,94	12669,84	12669,84	12669,84	12669,84	23840,46	15002,07	8838,38	12277,60	3831,46	8446,14	3329,59	219,19	3110,40	4018,56	536,85	3297,50	136,72	400,13

Keterangan	
AC	Akumulator
CD	Kondensor
CL	Pendingin
HE	Pemanas
MD	Menara Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	*Reboiler*
SP	*Separator*
T	Tangki
V	*Vaporizer*
WHB	*Waste Heat Boiler*

Pengendali	
FC	Pengendali arus
LC	Pengendali Ketinggian
LI	Pengukur Ketinggian
PC	Pengendali Tekanan
RC	Pengendali Rasio
TC	Pengendali Suhu
VM	Pengukur Volume

SIMBOL	
○	Nomor arus
▭	Suhu, C
◇	Tekanan , atm
———	Pipa
-#-#-	Udara tekan
— — —	Listrik

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK AKRILONITRIL DARI ETILEN SIANOHIDRIN
KAPASITAS PRODUKSI : 70000 TON/TAHUN

Dikerjakan Oleh :	No Induk Mahasiswa
NAMA : 1. ILMA NURULITA QOLBI	18521180
2. RISMAWATI	18521220

PEMBIMBING : 1. Dr. IFA PUSPASARI, S.T., M.Eng
2. VENITALITYA ALETHEA SARI AUGUSTIA, S.T., M.Eng

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Ilma Nurulita Qolbi
   No. MHS : 18521180
2. Nama Mahasiswa : Rismawati
   No. MHS : 18521220

Judul Prarancangan : **Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun**

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	23-12-2021	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik	
2	01-02-2022	Penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan pustaka, dan pemilihan proses	
3	05-02-2022	Persetujuan luaran 1 dan 2	
4	15-03-2022	Revisi luaran 1 & 2	
5	21-03-2022	Persetujuan luaran 3	
6	21-04-2022	Perancangan diagram alir kualitatif	
7	10-06-2022	Revisi diagram alir kualitatif dan pembuatan neraca massa	
8	15-06-2022	Neraca massa	
9	22-06-2022	Revisi neraca massa	
10	21-07-2022	Persetujuan luaran 4 dan 5	

Dosen Pembimbing 1

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Ilma Nurulita Qolbi
   No. MHS : 18521180
2. Nama Mahasiswa : Rismawati
   No. MHS : 18521220

Judul Prarancangan : **Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun**

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
11.	29/07/2022	Reaktor	
12.	10/08/2022	Reaktor dan Alat pemisah	
12.	12/09/2022	Revisi reaktor, Alat-alat pemisah	
14.	7/10/2022	Diagram alir, Reaktor, MD, Reboiler, pelaporan luaran	
15.	10/10/2022	Pengesahan luaran 6 sampai 13	
16.	19/10/2022	Pelaporan progress utilitas dan ekonomi.	
17.	20/10/2022	Pengesahan naskah tugas akhir	

Dosen Pembimbing 1

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Ilma Nurulita Qolbi
   No. MHS : 18521180
2. Nama Mahasiswa : Rismawati
   No. MHS : 18521220

Judul Prarancangan: **Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun**

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	16-12-2021	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik	
2.	23-12-2022	Penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan pustaka, dan pemilihan proses	
3.	31-01-2022	Persetujuan luaran 1 dan 2	
4.	31-01-2022	Persetujuan luaran 3	
5.	21-03-2022	Persetujuan luaran tahap 3	
6.	13-06-2022	Perancangan diagram alir kualitatif	
7.	15-06-2022	Revisi diagram alir kualitatif dan pembuatan neraca massa	
8.	22-06-2022	Neraca massa	

Dosen Pembimbing 2

Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Ilma Nurulita Qolbi
   No. MHS : 18521180
2. Nama Mahasiswa : Rismawati
   No. MHS : 18521220

Judul Prarancangan: **Prarancangan Pabrik Akrilonitril dari Etilen Sianohidrin Dengan Proses Dehidrasi Etilen Sianohidrin Kapasitas 70.000 Ton/Tahun**

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
9.	27-06-2022	Revisi neraca massa	
10.	14-07-2022	Persetujuan luaran 4 dan 5	
11.	22-09-2022	Perancangan Reaktor	
12.	27-09-2022	Persetujuan luaran 6	
13.	06-10-2022	Laporan luaran 7 dan 8	
14	08-10-2022	Pengesahan luaran 7 dan 8	
15.	15-10-2022	Laporan luaran 9, 10, 11, 12	
16	16-10-2022	Pengesahan luaran 9, 10, 11, 12 pelaporan luaran 13	
17	20-10-2022	Laporan utilitas dan ekonomi, pengesahan naskah	

Dosen Pembimbing 2

Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng.