

**PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER (VCM)
DARI ETHYLENE DICHLORIDE (EDC) DENGAN KAPASITAS 150.000
TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

Nama : Revi Muktiko Ayu

NIM : 17521042

Nama : Ratna Julianti Prakita Sari

NIM : 17521044

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER (VCM)
DARI ETHYLENE DICHLORIDE (EDC) DENGAN KAPASITAS
150.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama : Revi Muktiko Ayu
P.S.**

Nama : Ratna Julianti

NIM : 17521042

NIM : 17521044

Yogyakarta, 08 November 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan 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 kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya



Revi Muktiko Ayu

NIM : 17521042



Ratna Julianti P. S.

NIM : 17521044

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER (VCM) DARI
ETHYLENE DICHLORIDE (EDC) DENGAN KAPASITAS 150.000
TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Revi Muktiko Ayu

Nama : Ratna Julianti P. S.

NIM : 17521042

NIM : 17521044

Yogyakarta, 08 November 2021

Pembimbing I

Pembimbing II



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

Fadilla Noor Rahma, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER (VCM) DARI
ETHYLENE DICHLORIDE (EDC) DENGAN KAPASITAS 150.000
TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Revi Muktiko Ayu Nama : Ratna Julianti P.S.

NIM : 17521042 NIM 17521044

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 14 Oktober 2021

Tim Penguji,

Ketua


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

Anggota I


Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

Anggota II


Lucky Wahyu NS, S.T., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Tekonologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dr. Suharno Rusdi)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya, serta tidak lupa shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian pelaksanaan tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) Dari *Ethylene Dichloride* (EDC) Dengan Kapasitas 150.000 Ton/Tahun”.

Pra rancangan pabrik merupakan salah satu syarat wajib yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana di Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Prarancangan pabrik bertujuan untuk mendidik mahasiswa agar mampu menerapkan teori-teori yang diperoleh dikampus serta menyelesaikan permasalahan yang terjadi dilapangan dan dapat menjembatani antara sisi akademis dengan realita lapangan.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Serta telah memberikan nikmat kesehatan, panjang umur, kesabaran dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

4. Ibu Fadilla Noor Rahma, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua pembimbing yaitu bapak (Bapak Sudarso & Ibu Rusmini) dan (Bapak Ariadi & Ibu Sumarni) yang selalu memberikan dukungan berupa moril dan materil, motivasi, serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penyusun.
6. Keluarga besar yang selalu memberikan dorongan semangat, motivasi, dan kasih sayang yang tak terbatas.
7. Teman – teman Teknik Kimia angkatan 2017 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan Tugas Akhir ini didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.
Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 08 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kapasitas Rancangan	2
1.3. Tinjauan Pustaka	5
1.4. Lokasi Pabrik	12
BAB II	13
DESKRIPSI PROSES.....	13
2.1. Spesifikasi Bahan Baku Dan Produk.....	13
2.2. Sifat Fisik Dan Kimia Bahan Baku, Produk Dan Katalis	14
2.3. KONSEP PROSES	16
2.3.1. Dasar Reaksi	16
2.3.2. Kondisi Operasi	16
2.3.3. Tinjauan Termodinamika	17
2.4. Pengendalian Kualitas.....	19
BAB III.....	21
PERANCANGAN PROSES	21

3.1.	Langkah Proses	21
3.2.	Spesifikasi Alat Proses	23
3.2.1.	Tangki Penyimpanan EDC	24
3.2.2.	<i>Furnace</i>	25
3.2.3.	Reaktor	26
3.2.4.	<i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	26
3.2.5.	Condensor (CD-01).....	27
3.2.6.	Separator.....	27
3.2.7.	Menara Distilasi.....	28
3.2.8.	<i>Condensor</i> (CD-02)	29
3.2.9.	<i>Accumulator</i>	29
3.2.10.	<i>Reboiler</i> (RB-01)	30
3.2.11.	Tangki Penyimpanan VCM.....	30
2.3.12.	Pompa.....	31
2.3.13.	<i>Blower</i>	31
3.3.	Perencanaan Produksi.....	32
3.3.1.	Kapasitas Pabrik.....	32
3.3.2.	Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses	33
BAB IV		35
PERANCANGAN PABRIK		35
4.1.	Pemilihan Lokasi Pabrik	36
4.1.1.	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	36
4.1.2.	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	38
4.2.	Tata Letak dan Peralatan Proses.....	39
4.3.	Tata Letak Alat Proses.....	43
4.4.	Alir Proses dan Material.....	45
4.4.1.	Alir Proses	45
4.4.2.	Neraca Massa.....	46
4.4.3.	Neraca Panas	48
4.5.	Diagram Alir	52
4.5.1.	Diagram Alir Kualitatif	52
4.5.2.	Diagram Alir Kuantitatif	53
4.6.	Perawatan (Maintenance).....	54
4.7.	Pelayanan Teknik (Utilitas)	55
4.7.1.	Unit Pengadaan Air.....	56
4.7.2.	Unit Pengolahan Air Laut.....	59
4.7.3.	Kebutuhan Air	65
4.7.4.	Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>).....	68
4.7.5.	Unit Pengadaan Udara Tekan	68

4.7.6.	Unit Pengadaan Listrik.....	69
4.7.7.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	72
4.7.8.	Unit Laboratorium.....	73
4.7.9.	Unit Pengolahan Limbah dan Limbah B3.....	74
4.8.	Organisasi Perusahaan.....	75
4.8.1.	Bentuk Perusahaan.....	75
4.8.2.	Struktur Organisasi.....	77
4.9.	Tugas dan Wewenang.....	82
4.9.1.	Pemegang Saham.....	82
4.9.2.	Dewan Komisaris.....	82
4.9.3.	Direktur Utama.....	82
4.9.4.	Kepala Bagian.....	83
4.9.5.	Kepala Seksi.....	84
4.10.	Status Karyawan.....	86
4.11.	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	87
4.12.	Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan.....	89
4.13.	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	92
4.14.	Kesehatan dan Keselamatan kerja (K3).....	94
4.15.	Penaksiran Harga Alat.....	95
4.16.	Perhitungan Biaya.....	98
4.16.1.	<i>Capital Investment</i>	98
4.16.2.	<i>Manufacturing Cost</i>	99
4.16.3.	<i>General expenses</i>	99
4.17.	Analisa Kelayakan.....	100
4.17.1.	<i>Percent Return On Investment (ROI)</i>	100
4.17.2.	<i>Pay Out Time (POT)</i>	101
4.17.3.	<i>Break Even Point (BEP)</i>	101
4.17.4.	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	102
4.17.5.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	103
4.18.	Hasil Perhitungan.....	104
4.19.	Analisa Keuntungan.....	110
BAB V		112
PENUTUP		113
5.1.	Kesimpulan.....	113
5.2.	Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA		114

LAMPIRAN A117
PERANCANGAN REAKTOR.....138

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor VCM di Indonesia.....	2
Tabel 1.2. Prediksi ekspor dan impor.....	3
Tabel 1.3. Ketersediaan Bahan Baku EDC.....	4
Tabel 1.4. Kapasitas pabrik yang ada di Indonesia	4
Tabel 1.5. Kapasitas pabrik yang ada di luar negeri	5
Tabel 1.6. Industri pengguna VCM.....	5
Tabel 1.7. peluang supply,demand, dan peluang kapasitas	5
Tabel 1.8. Tabel kelebihan dan kelemahan dalam proses pembuatan VCM.....	11
Tabel 2.1. Spesifikasi bahan baku dan produk.....	13
Tabel 2.2. Sifat fisik bahan baku, produk, dan katalis.....	14
Tabel 2.3. Sifat kimia bahan baku, produk, dan katalis.....	15
Tabel 2.4. <i>Thermodynamic Properties</i> EDC, VCM dan HCl	17
Tabel 3.1. Spesifikasi tangki penyimpanan EDC.....	23
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Furnace</i>	24
Tabel 3.3. Spesifikasi Reaktor	25
Tabel 3.4. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i>	26
Tabel 3.5. Spesifikasi <i>Condenser</i>	27
Tabel 3.6. Spesifikasi Separator	27
Tabel 3.7. Spesifikasi Menara Distilasi	28
Tabel 3.8. Spesifikasi <i>Condensor (CD-02)</i>	29
Tabel 3.9. Spesifikasi <i>Accumulator</i>	29
Tabel 3.10. Spesifikasi <i>Reboiler</i>	30
Tabel 3.11. Spesifikasi Tangki Perencanaan VCM.....	30
Tabel 3.12. Spesifikasi Pompa.....	31
Tabel 3.13. Spesifikasi <i>Blower</i>	31
Tabel 4.1. Konsumen Vinyl Chloride Monomer (VCM) dalam Negeri.....	31
Tabel 4.2. Perincian Luas Penggunaan Tanah	37
Tabel 4.3. Tata Letak Pabrik.....	43
Tabel 4.4. Neraca Massa Total	46

Tabel 4.5. Neraca Massa <i>Furnace</i>	46
Tabel 4.6. Neraca Massa Reaktor	47
Tabel 4.7. Neraca Massa Kondensor -01.....	47
Tabel 4.8. Neraca Massa Separator.....	47
Tabel 4.9. Neraca Massa Menara Distilasi	48
Tabel 4.10. Neraca Panas <i>Furnace</i>	48
Tabel 4.11. Neraca Panas Reaktor	48
Tabel 4.12. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 01</i>	49
Tabel 4.13. Neraca Panas Kondensor	49
Tabel 4.14. Neraca Panas Separator.....	50
Tabel 4.15. Neraca Panas <i>Heater</i>	50
Tabel 4.16. Neraca Panas Menara Distilasi.....	51
Tabel 4.17. Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i>	66
Tabel 4.18. Kebutuhan air pendingin	66
Tabel 4.19. Total kebutuhan air	68
Tabel 4.20. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses.....	70
Tabel 4.21. Kebutuhan Listrik untuk utilitas	70
Tabel 4.22. Rincian kebutuhan listrik.....	71
Tabel 4.23. Perbandingan Pemilihan Bahan Bakar.....	72
Tabel 4.24. Jadwal kerja setiap regu	88
Tabel 4.25. Jumlah Pekerja	89
Tabel 4.26. Penggolongan Jabatan.....	90
Tabel 4.27. Perincian Gaji	91
Tabel 4.28. Index Harga.....	96
Tabel 4.29. <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	104
Tabel 4.30. <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	104
Tabel 4.31. <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	105
Tabel 4.32. <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	105
Tabel 4.33. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	105
Tabel 4.34. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	106
Tabel 4.35. <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	106

Tabel 4.36. *Working Capital (WC)*..... 106
Tabel 4.37. *General Expense (GE)*..... 107
Tabel 4.38. *Total Production Cost (TPC)*..... 107
Tabel 4.39. *Fixed Cost (Fa)*..... 107
Tabel 4.40. *Variable Cost (Va)*..... 107
Tabel 4.41. *Regulated Cost (Ra)*..... 108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Prediksi Impor.....	3
Gambar 1.2. Grafik Prediksi Ekspor	3
Gambar 1.3. Reaksi Klorinasi Etilena.....	9
Gambar 1.4. Reaksi Oksiklorinasi Etilena	9
Gambar 4.1. lokasi pabrik.....	35
Gambar 4.2. <i>Layout</i> Pabrik <i>Vinyl Chloride Monomer</i>	42
Gambar 4.3. <i>Layout</i> peralatan proses.....	45
Gambar 4.4. Diagram Alir Kualitatif... ..	52
Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif	53
Gambar 4.6. Unit Pengolahan Air laut.....	60
Gambar 4.7. Struktur Organisasi	81
Gambar 4.9. Grafik Analisis Kelayakan	110

ABSTRAK

Pembuatan *vinyl chloride monomer* (VCM) dilakukan melalui proses pirolisis atau *thermal cracking ethylene dichloride* (EDC). Pabrik VCM ini direncanakan untuk berjalan dengan kapasitas 150.000 ton sepanjang 330 hari per tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan VCM untuk memenuhi kebutuhan pasar Indonesia. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan pabrik VCM adalah *ethylene dichloride* (EDC). Pabrik ini direncanakan akan dibangun di provinsi Jawa Barat, untuk memberikan kemudahan terhadap transportasi bahan baku dan produk akhir karena pasar untuk kedua produk sudah tersedia secara lokal. proses pirolisis atau *thermal cracking ethylene dichloride* (EDC) akan dilakukan pada suhu 480 °C dan pada tekanan 3 atm menggunakan reaktor *fixed-bed multitube* dengan tingkat konversi reaksi 60%. Dari studi evaluasi ekonomi pabrik ini, disimpulkan bahwa diperlukan modal investasi sebesar Rp 2.036.043.483.309 biaya produksi sebesar Rp 114.277.850.489.351 dan laba setelah pajak diperkirakan sebesar Rp 1.209.639.296.673 Berdasarkan analisis ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik VCM dengan kapasitas 150.000 ton per tahun adalah beresiko tinggi dan layak secara ekonomis.

Berdasarkan kondisi operasi sifat-sifat bahan baku dan produk, pabrik VCM dari *ethylene dichloride* (EDC) ini tergolong pabrik beresiko tinggi. Berdasarkan analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 67% dan sesudah pajak 33 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,31 tahun dan sesudah pajak 2,31 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 50,9%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 42,18%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 21,19 %. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci: EDC, VCM, pirolisis, *vinyl chloride monomer* , *ethylene dichloride*, *thermal cracking*.

ABSTRACT

The manufacture of vinyl chloride monomer (VCM) is carried out through the pyrolysis process or thermal cracking of ethylene dichloride (EDC). The VCM plant is planned to run with a capacity of 150,000 tons for 330 days per year. This factory is expected to produce VCM to meet the needs of the Indonesian market. The raw material used in the manufacture of the VCM plant is ethylene dichloride (EDC). This factory is planned to be built in the province of West Java, to provide convenience for the transportation of raw materials and final products because the market for both products is already available locally. The pyrolysis process or thermal cracking of ethylene dichloride (EDC) will be carried out at a temperature of 480 C and at a pressure of 3 atm using a fixed-bed multitube reactor with a reaction conversion rate of 60%. From this factory economic evaluation study, it was concluded that the required investment capital was Rp. 2,036,043,483,309, production costs were Rp. 114,277,850,489,351 and profit after tax was estimated at Rp. 1,209,639,296,673. Based on the economic analysis, it can be concluded that the VCM factory with capacity of 150,000 tons per year is high risk and economically feasible.

Based on the operating conditions and the properties of raw materials and products, the VCM plant from ethylene dichloride (EDC) is classified as a high-risk plant. Based on the economic analysis of this factory shows the Percent Return On Investment (ROI) before tax is 67% and after tax is 33%. Pay Out Time (POT) before tax is 1.31 years and after tax is 2.31 years. Break Even Point (BEP) is 50.9%, and Shut Down Point (SDP) is 42.18%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 21.19%. From the feasibility analysis data above, it is concluded that this factory is profitable and feasible to establish.

Keywords: EDC, VCM, pyrolysis, vinyl chloride monomer, ethylene dichloride, thermal cracking.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Negara Indonesia saat ini sedang berusaha untuk tumbuh dan mengembangkan kemampuan yang dimiliki negara agar dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Semua ini dilakukan agar tercapai tujuan Pembangunan Nasional. Tujuan Pembangunan Nasional yaitu mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila. Oleh karena itu dilakukan peningkatan disegala sektor terutama disektor perekonomian. Untuk meningkatkan perkonomian negara Indonesia maka diperlukan peningkatan pemanfaatan sumber daya yang dimiliki Indonesia. Usaha yang dilakukan salah satunya adalah pembangunan industri kimia di Indonesia.

Pembangunan industri kimia dilaksanakan secara terpadu serta melalui peningkatan keterkaitan antara industri dengan sektor ekonomi lainnya, terutama sektor ekonomi yang memasok bahan baku industri kimia. Salah satu bahan industri kimia yang banyak dikonsumsi oleh industri kimia dalam negeri adalah *Vinyl Chloride Monomer* (VCM). VCM merupakan bahan kimia dengan rumus C_2H_3Cl yang digunakan sebagai bahan baku untuk industri plastik *Poly Vinyl Chloride* (PVC) (Davies et al, 2016). Resin PVC merupakan polimer yang biasa digunakan sebagai bahan baku pipa paralon, pengganti karet, flooring, isolasi listrik, tank lining (pelapis tangki), serta barang-barang plastik lainnya. Sekitar 95% VCM digunakan sebagai bahan baku PVC (Kirk & Othmer, 1978) , sisanya digunakan sebagai pelarut terklorinasi (Ullman, 1985).

Kebutuhan VCM di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami fluktuatif. Saat ini kebutuhan VCM baru dapat dipenuhi dari impor negara-negara maju seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat, Perancis, dan Jerman. Sampai tahun 2021, di Indonesia hanya ada dua industri kimia yang memproduksi VCM, yaitu PT. Ashiamas Chemical dengan kapasitas 900.000 ton/tahun dan PT. Sulfindo dengan kapasitas 130.000 ton/tahun.

Berikut data impor VCM menurut Badan Pusat Statistik selama lima tahun terakhir disajikan pada Tabel 1.1 berikut :

Tabel 1.1. Data Impor VCM di Indonesia

Tahun	Jumlah (Kg)	Jumlah (Ton)
2016	97196051	97196,051
2017	112.777.474	112.777,47
2018	144.285.340	144.285,34
2019	127.740.417	127.740,42
2020	121.070.215	121.070,22

(Badan Pusat Statistik, 2021)

Berdasarkan Tabel 1.1. dapat disimpulkan bahwa dari tahun ke tahun konsumsi VCM di Indonesia cukup besar, namun Indonesia masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan VCM meskipun di Indonesia sudah terdapat dua industri yang memproduksi VCM. Sehingga perlu adanya upaya pemenuhan dengan mendirikan pabrik *Vinyl Chloride Monomer* di Indonesia. Didirikannya pabrik *Vinyl Chloride Monomer* di Indonesia berarti:

- Menjadikan Indonesia mandiri dengan cara memenuhi kebutuhan industri dalam negeri yang didapat dari hasil produksi dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain serta dapat menghemat devisa negara
- Dapat memacu industri-industri hilir lainnya, khususnya yang menggunakan VCM baik dalam bahan baku maupun bahan tambahan.
- Menciptakan lapangan kerja baru, sehingga diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat.

1.2. KAPASITAS RANCANGAN

Pemilihan kapasitas pabrik *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) ditentukan berdasarkan jumlah kebutuhan impor yang ada di dalam negeri. Angka kebutuhan impor dalam negeri didapatkan dari salah satu Lembaga statistik terbesar di Indonesia yaitu Badan Pusat Statistik (BPS). Dalam memprediksi

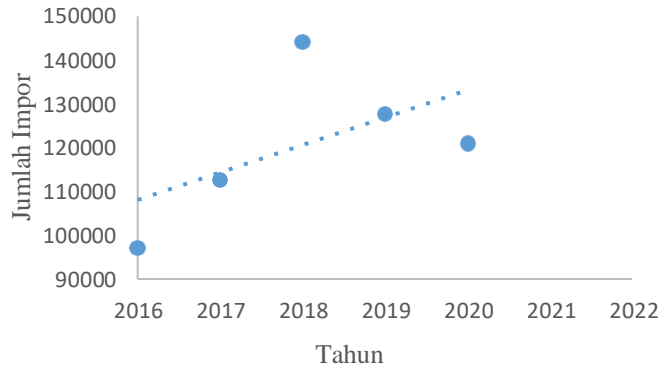
kebutuhan pasar guna menentukan kapasitas pabrik setelah pabrik mulai beroperasi dengan beberapa pertimbangan yaitu:

1. Prediksi kebutuhan *Vinyl Chloride Monomer* di Indonesia

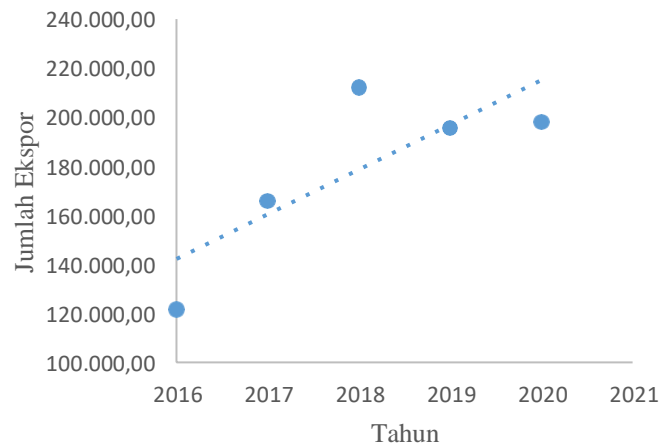
Tabel 1.2. Prediksi ekspor dan impor

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Ekspor(Ton/Tahun)
2016	97196,051	121646,058
2017	112.777,47	166080,983
2018	144.285,34	212006,94
2019	127.740,42	195566,352
2020	121.070,22	198076,037

(Badan Pusat Statistik,2021)



Gambar 1.1. Grafik Prediksi Impor



Gambar 1.2. Grafik Prediksi Ekspor

Dari Gambar Grafik Prediksi Impor VCM di Indonesia dibuat persamaan garis dengan “x” sebagai fungsi tahun dan “y” sebagai fungsi kebutuhan impor (ton/tahun) yaitu:

$$y = 6.271x - 12.534.521 \quad (1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan regresi linier dari kebutuhan impor diatas. kebutuhan impor pada tahun 2026 sebesar 170.000 ton/tahun.

2. Ketersediaan bahan baku yaitu (*Ethylene dichloride* /EDC) di Indonesia

Kebutuhan bahan baku *Ethylene dichloride* untuk memproduksi *Vinyl Chloride Monomer* dalam negeri saat ini dipenuhi dari PT. Asahimas Chemical dan PT. Sulfindo, berikut data kapasitas produksi *Ethylene dichloride* kedua pabrik tersebut :

Tabel 1.3. Ketersediaan Bahan Baku EDC

Nama pabrik	Jumlah (ton/tahun)
PT. Asahimas Chemical	900.000
PT. Sulfindo	370.000

(P.T. Asahimas chemical, 2021 dan P.T. Sulfindo adiusaha, 2021)

Bahan baku EDC direncanakan akan dipenuhi dari PT.Asahimas Chemical.

3. Kapasitas Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* yang sudah berdiri

Tabel 1.4. Kapasitas pabrik yang ada di Indonesia

Nama Pabrik	Jumlah (ton/tahun)
PT asahimas Chemical	900.000
PT sulfindo	130.000

(P.T. Asahimas chemical, 2021 dan P.T. Sulfindo adiusaha, 2021)

Tabel 1.5. Kapasitas pabrik yang ada di luar negeri

Nama Pabrik	Jumlah (ton/tahun)
Novacke Chemicke Zavody, Novaky	64.000,00
Plastkard, Volgograd	80.000,00
Formosa, Lin Yuan	390.000,00
LG Chem, Yeosu	750.000,00
Tosoh, Nanyo	1.200.000,00

(Datacon.co.id, 2017)

4. Industri yang menggunakan bahan baku VCM

Tabel 1.6. Industri yang menggunakan bahan baku VCM

Nama PT	Jumlah (ton/th)
PT Sulfindo	130000
PT ASC	400000
PT Standart Toyo Polymer	87000
PT Siam Maspion Polymer	100000
total	617000

(Datacon.co.id, 2017)

Berikut Tabel 1.7. peluang supply, demand, dan peluang kapasitas yang akan direncanakan:

Kapasitas Tahun 2026		
Impor	170.525	ton/th
Ekspor	325.498	ton/th
Konsumsi	617.000	ton/th
Produksi	530.000	ton/th
Suplai =	Impor + Produksi	
=	700.525	ton/th
Demand =	Ekspor + Konsumsi	
=	942.498	ton/th
Peluang kapasitas =	Demand - Suplai	
=	241.973	ton/th
62% dari peluang kapasitas =	150.000	ton/th

Dengan kapasitas 150.000 ton/tahun diharapkan dapat menyerap kebutuhan pasar atau mengurangi impor VCM.

1.3. TINJAUAN PUSTAKA

VCM dengan rumus molekul $C_2H_4Cl_2$ merupakan senyawa yang sangat beracun dengan kenampakan berupa cairan seperti minyak dan tidak berwarna, yang mempunyai bau enak. VCM sedikit larut dalam air tetapi larut dalam pelarut polar seperti *ethanol* dan *benzene*. Pada tekanan 1 atm VCM mempunyai titik didih $83,7^{\circ}C$ dan titik beku $-35,5^{\circ}C$ (Kirk dan Othmer, vol.6,1993). Produksi VCM pertama kali dihasilkan oleh V. Regnault pada tahun 1830-1834 yaitu dengan mereaksikan 1,2-dikloroetana dan kalium beralkohol melalui proses *dehydrochlorinating*. Selanjutnya, produksi VCM dimodifikasi oleh Biltz yaitu dengan proses *thermal cracking* melalui bahan yang sama pada tahun 1902. Namun, pada saat itu, ilmu dan teknologi polimer belum canggih, sehingga penemuan ini tidak mengakibatkan konsekuensi industri atau komersial. Kemudian pada tahun 1912 Klate berhasil menghasilkan VCM dengan cara *hydrochlorination* katalitik *acetylene*. Tepat di tahun 1930 setelah percobaan dari Klate, mulai muncul industri yang memproduksi VCM.

Pembaharuan demi pembaharuan produksi VCM dilakukan oleh para ahli kimiawan. Pada 1940-1950. Produksi VCM dapat direaksikan dari *ethylene*, dimana vinil klorida diproduksi oleh klorinasi langsung ke EDC dan berikutnya proses *thermal cracking*. Unit produksi pertama yang besar untuk rute ini dilakukan oleh *Dow Chemical Co.*, *Monsanto Chemical Co.* dan *Shell Oil Co.* Pergantian lengkap untuk penggunaan eksklusif etilena sebagai bahan baku menjadi mungkin ketika *oxychlorination* skala besar etilena dengan EDC telah terbukti secara teknis layak. (Dow Chemical, 1955 – 1958), (Ullmann's *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6 Edition,2002)

Berikut adalah penjelasan reaksi yang paling sering digunakan dalam produksi VCM :

- **Menggunakan Metode Langsung**, klorinasi langsung terhadap *Acetylene* (*Hydrochlorination of Acetylene Process*)

Pembuatan VCM dari asetilena yaitu dengan mereaksikan asetilena dengan HCl atau hidroklorinasi asetilena dengan bantuan katalis HgCl_2 (*Mercury chloride*) katalis yang diendapkan pada karbon aktif. Pada proses ini, HCl dihasilkan dari reaksi antara gas H_2 dan gas Cl_2 , sedangkan asetilena dikeringkan terlebih dahulu kemudian dilewatkan menuju endapan karbon aktif untuk menghilangkan zat-zat yang dapat merusak katalis. Fase dalam reaktor adalah gas, sehingga bahan baku asetilena dan HCl sebelum kemudian dipanaskan. Reaktor yang dipakai pada proses ini yaitu reaktor *fixed bed* (Dry et al., 2003).

Metode ini pertama kali digunakan di Amerika Serikat pada tahun 1930, yaitu dengan cara mereaksikan antara *acetylene* dengan *Hydrogen Chloride*. Reaksi ini menggunakan *Mercury (II) Chloride* dan menghasilkan *Vinyl Chloride Monomer*. Reaksi ini berlangsung pada suhu 150°C . Reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu:



(Ullmann, 1985)

Pada proses ini reaktan gas dikontakkan dengan katalis pada tekanan 1-3 atm dan suhu $100\text{-}250^\circ\text{C}$ dengan waktu kontak 0,1-1 detik kemudian didinginkan. Produk hasil reaksi dipisahkan, sebagian di recycle ke reaktor dan sebagian lagi dimurnikan. Produk yang di *recycle* (HCl , C_2H_2 , dan $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}$) dicuci dengan *heavies* seperti *1,1-dichloroethane* untuk mengembalikan asetilena dan VCM. Rasio umpan molar asetilena dan HCl bervariasi 1:1 sampai 1:10 tergantung banyaknya kinerja katalis dengan konversi asetilena yaitu 95%. Asetilena yang masuk pada reaktor harus bebas dari racun pada katalis seperti belerang, fosfor, dan senyawa arsenik. Hidrokarbon tidak jenuh harus diminimalkan pada umpan karena dapat menyebabkan penyumbatan dan menonaktifkan katalis setelah polimerisasi. HCl harus bebas dari klorin untuk mencegah terjadi ledakan dan tidak boleh mengandung hidrokarbon terklorinasi yang dapat mengakibatkan racun pada katalis (Ullman, 1985).

- **Proses *thermal cracking* EDC**

Proses *thermal cracking* EDC merupakan reaksi endotermis yang beroperasi pada temperatur 480-550 °C dan tekanan 3-30 atm dengan konversi EDC sebesar 53-63%. Proses *thermal cracking* relatif menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi, hal ini dikarenakan dapat meningkatkan perpindahan panas, dan mempermudah pemisahan hilir karena meningkatnya titik didih. Proses ini menggunakan reaktor *fixed bed* yang bahan utamanya diproses terlebih dahulu didalam *furnace*. Reaktor dipanaskan hingga mencapai suhu 480-550°C sehingga laju reaksi berjalan optimum, sedangkan bagian kedua terjadi pemecahan EDC menjadi VCM.

Reaksi yang terjadi pada *thermal cracking* EDC menjadi VCM dan HCl adalah sebagai berikut:



Pada proses ini terdapat beberapa impuritis yang terbentuk dari hasil pirolisis EDC, sehingga diperlukan pemurnian lanjutan pada EDC sebelum proses cracking dilakukan. Beberapa *impurities* yang terbentuk seperti *methylchloride* (<60 ppm) dan *butadiene* (<100 ppm) sulit dihilangkan pada proses pemurnian VCM. Komponen lain yang tidak larut seperti *chloroprene* atau *trichloroethylene* menghasilkan residu polimer yang mengakibatkan *fouling* pada reaktor. Proses *thermal cracking* EDC juga menghasilkan “*good impurities*” *chloromethanes* seperti CCl_4 dan CHCl_3 . *Good impurities* merupakan sumber radikal yang mengakibatkan kenaikan laju reaksi dan selektivitas pada reaksi dengan temperatur lebih rendah. Apabila komponen tersebut tidak terdapat pada EDC dalam jumlah cukup, komponen tersebut akan ditambahkan (Dimian & Bildea, 2008).

- **Menggunakan Metode Tidak Langsung**

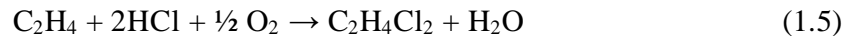
Pada metode ini *Ethylene Dichloride* terlebih dahulu terbentuk dan kemudian diolah lebih lanjut menjadi VCM. Proses pembuatan *Ethylene*

Dichloride yang banyak digunakan adalah dengan cara *direct chlorination* dan *oxychlorination*. Pada *direct chlorination*, reaksinya menggunakan *chlore* secara langsung (Cl_2) dan *raw material* adalah *ethylene*. Reaktor yang digunakan biasanya reaktor bubbling dengan katalis *Ethylene Dichloride* cair. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis dengan panas reaksi sebesar $-46.690 \text{ kkal/kmol}$. Karena reaksi harus berjalan dalam kondisi eksotermis, maka panas yang timbul akibat reaksi harus diserap. Kondisi yang relatif baik adalah pada suhu 50°C dan tekanan 1 atm . Pada kondisi ini konversi Cl_2 menjadi $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ dapat menjadi 97% .

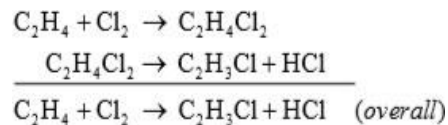
Sedangkan pada proses *oxychlorination*, digunakan HCl dan O_2 dengan bahan baku *ethylene*. Reaksi ini bersifat eksotermis dengan panas reaksi sebesar $-57,2 \text{ kkal/kmol}$. Pada keadaan normal reaksi berlangsung pada suhu $200 - 300^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm pada fase gas dengan katalis campuran CuCl_2 , KCl dan ThCl_4 . Reaktor yang digunakan adalah *fixed bed*. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Baik reaksi *direct chlorination* maupun *oxychlorination* keduanya menghasilkan *Ethylene Dichloride* yang kemurniannya mencapai $93-96\%$. Untuk pengolahan selanjutnya *Ethylene Dichloride* harus dimurnikan terlebih dahulu sampai $99,45\%$ untuk kemudian diproses menjadi VCM.

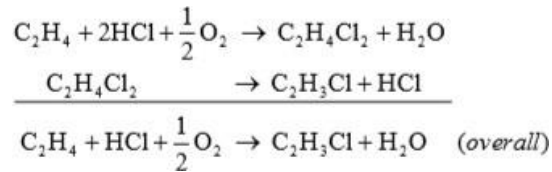
- **Kombinasi yang seimbang antara proses Klorinasi Langsung (DC) dan Oksi-Klorinasi (OC)**

Proses *thermal cracking* EDC pada Reaksi Klorinasi Etilena



Gambar 1.3. Reaksi Klorinasi Etilena

Proses *thermal cracking* EDC pada Reaksi Oksiklorinasi Etilena



Gambar 1.4. Reaksi Oksiklorinasi Etilena

Produksi vinil klorida yang dipraktikkan secara komersial melibatkan kombinasi yang seimbang antara proses Klorinasi Langsung (DC) dan Oksi-Klorinasi (OC). Dalam proses Klorinasi Langsung, etilena diklorinasi terlebih dahulu untuk menghasilkan etilen diklorida ($\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$).



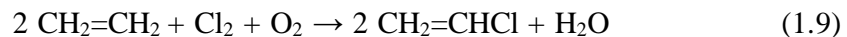
Etilen diklorida selanjutnya mengalami proses perengkahan termal (pirolisis) untuk menghasilkan vinil klorida ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$) dan hidrogen klorida (HCl).



Pada proses Oksi-Klorinasi, etilen, asam klorida (HCl) dari Reaksi (2) dan oksigen (O_2) direaksikan membentuk etilen diklorida ($\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$).



Menambahkan Reaksi (1), (2) dan (3) memberikan reaksi keseluruhan untuk proses yang seimbang:

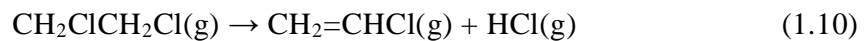


(P.T. Asahimas chemical).

Tabel 1.8. Tabel kelebihan dan kelemahan dalam proses pembuatan VCM

Proses	Kelebihan	Kelemahan
Klorinasi langsung terhadap Asetilena	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur dan tekanan reaksi rendah sehingga memerlukan konstruksi peralatan yang murah • Reaksi relatif lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Katalis Merkuri Klorida yang digunakan merupakan polutan yang mempunyai klasifikasi cukup berat, • ROI Rendah • POT Rendah
Pirolisis Ethylene Dichloride	<ul style="list-style-type: none"> • Terbukti menguntungkan scale-up sudah ada di skala industry • Menguntungkan dalam segi ekonomi karena HCL dapat diolah kembali 	<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan tekanan dan temperatur yang tinggi, yaitu 3-30 atm dan 480 -550 °C
Metode tidak langsung	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi panas tinggi • Gas buang rendah • Penggunaan Etilen dan Cl₂ lebih efisien 	<ul style="list-style-type: none"> • Investasi besar karena temperatur dan tekanan reaksi tinggi

Dengan melihat kelebihan dan kelemahan proses-proses di atas, maka dipilih proses *Pyrolysis / Thermal Cracking EDC* dalam perancangan pabrik VCM. Reaksi pembentukan *Vinyl Chloride Monomer* yang terjadi di dalam reaktor adalah sebagai berikut :



(Kirk dan Othmer, 1998)

1.4. Lokasi Pabrik

Lokasi pemilihan pabrik memberikan pengaruh yang besar terhadap keberlangsungan beroperasinya suatu pabrik. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik harus didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis, antara lain meliputi: distribusi bahan baku dan produk, pemasaran, tenaga kerja, transportasi dan utilitas. Letak pabrik secara langsung akan mempengaruhi kelangsungan hidup pabrik dan juga menentukan keberhasilan dan kesinambungan proses produksi dan distribusi.

Menurut Djing (1960), lokasi pabrik didirikan dekat dengan pasar dan bahan baku didasari oleh tiga hal yaitu untuk meminimalkan biaya transportasi, untuk meningkatkan kerja sama bisnis dan untuk mengurangi risiko dari produk *weight loss*. Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* yang akan didirikan di Cilegon, Banten mempertimbangkan tiga hal tersebut dimana target utama yaitu konsumen VCM yang mayoritas berada di Pulau Jawa, Cilegon, Banten.

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

Tabel 2.1. Spesifikasi bahan baku dan produk

Spesifikasi	<i>Ethylene dichloride</i> /EDC	<i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM)	<i>Chopper (II) Chloride</i> (CuCl₂)
Kenampakan	cair (30°C, 1 atm)	cair (gas dicairkan)	Bola kecil berwarna
Warna	tidak berwarna	jernih, tidak berwarna	-
Kemurnian	<i>min</i> 99,8% wt C ₂ H ₄ Cl ₂ (EDC)	<i>min</i> 99,9% wt H ₂ C=CHCl (VCM)	-
Impuritas	<i>max</i> 0,2% wt C ₂ H ₃ Cl ₃ (TCE)	<i>max</i> 0,1% wt C ₂ H ₄ Cl ₂ (EDC)	-

(P.T. Asahimas chemical, 2021)

2.2. SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU, PRODUK DAN KATALIS

Tabel 2.2. Sifat fisik bahan baku, produk dan katalis

Sifat Fisik	<i>Ethylene dichloride (EDC)</i>	<i>Vinyl Chloride Monomer (VCM)</i>	<i>Chopper (II) Chloride (CuCl₂)</i>
Rumus Molekul	C ₂ H ₄ Cl ₂	H ₂ C=CHCl	CuCl ₂
Berat molekul , gr/mol	98,97	62,5	170,48
Wujud	Cair	Cair (<i>Liquified Gas</i>)	Padat
Bau	aromatik, seperti kloroform	Manis	-
Titik didih, °C	83,5	-13,4	993
Titik leleh, °C	-35,3	-153,8	430
Suhu Kritis, °C	290	156,8	-
Flash Point, °C C.C	12,8	-78	-
<i>Auto Ignition Temperature, °C</i>	412,8	472	-
Tekanan Kritis, kPa	5360	5600	-
Panas Penguapan, kJ/mol	34,7	20,6	-
Kelarutan dalam air (20°C)	0,86 g/100 mL	0,11 %wt	75.7 g/100 mL
Densitas, g/cm ³	1,253	0,911	3190
Viskositas (20°C), Pa s	0,84 x 10 ⁻³	0,19 x 10 ⁻³	-

(Ullmann et al., 2006; PT. Asahimas Chemical,2021)

Tabel 2.3. Sifat kimia bahan baku, produk dan katalis

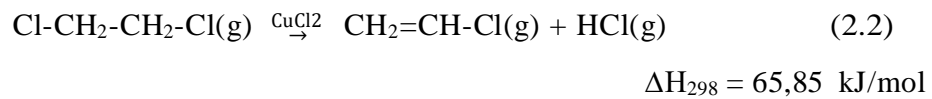
Senyawa	Sifat Kimia
<i>Ethylene Dichloride</i> (EDC)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ethylene dichloride</i> stabil pada suhu kamar. Pada temperatur 450⁰C dan lebih tinggi, <i>Ethylene dichloride</i> akan terdekomposisi membentuk VCM. • Reaksi: $\text{Cl-H}_2\text{C-CH}_2\text{-Cl} \rightarrow \text{H}_2\text{C=CH-Cl} + \text{HCl}$ • Dekomposisi jangka panjang pada suhu kamar yang disebabkan oleh kelembaban dan sinar UV dapat dicegah dengan penambahan <i>stabilizer</i> (umumnya turunan <i>amine</i>) • Pembakaran dengan oksigen yang kurang, pirolisis dan proses <i>photooxidative</i> merubah EDC menjadi HCl, karbon monoksida dan <i>phosgene</i>. • Kedua atom klorin pada EDC dapat mengalami reaksi substitusi nukleofilik, yang dapat membentuk senyawa fungsional seperti glikol, asam suksinat dan etilen glikol diasetat.
<i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM)	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat terjadi polimerisasi dan kopolimerisasi. • Dapat membentuk <i>vinyl alcoholates</i>, ester dan eter dengan reaksi substitusi atom klorin yang disertai paladium. • VCM dapat teroksidasi sempurna menjadi CO₂ dan HCl menggunakan <i>Magnesium Permanganate</i>. • Membentuk trichloroethane dengan reaksi adisi $\text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl} - \text{CHCl}_2$ • Dapat terdekomposisi menghasilkan asetilen, <i>chloroprene</i>, HCl dan <i>vinyl acetylene</i> pada temperatur 550⁰C.
<i>Chopper (II) Chloride</i> (CuCl ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • katalis dengan penyangga alumina. • katalis yang larut di dalam air, alkohol, dan amonia. • Reaksi dengan oksidator kuat bisa menyebabkan ledakan.

(Ullmann et al.,2006; Cowfer dan Maximilian, 2006)

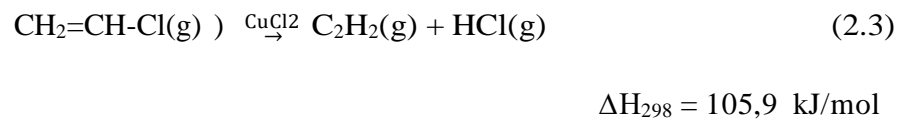
2.3. KONSEP PROSES

2.3.1. Dasar Reaksi

Dasar reaksi pembentukan *Vinyl Chloride Monomer* adalah reaksi perengkahan (pirolisis) dari *Ethylene Dichloride* yang dilakukan dalam fase gas dengan katalis CuCl_2 . Adapun reaksi yang terjadi adalah :



Dengan reaksi samping sebagai berikut :



(Dimian dan Bildea, 2008)

2.3.2. Kondisi Operasi

Proses *thermal cracking* EDC merupakan reaksi endotermis yang beroperasi pada temperatur 480-550 °C dan tekanan 3-30 atm dengan konversi sebesar 60%. Proses *thermal cracking* relatif menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi, hal ini dikarenakan dapat meningkatkan perpindahan panas, dan mempermudah pemisahan hilir karena meningkatnya titik didih. Proses ini menggunakan reactor *fixed bed multitube* dan menggunakan katalis CuCl_2 untuk mempercepat reaksi. Reaksi homogen fase gas.

2.3.3. Tinjauan Termodinamika

Reaksi yang terjadi pada reaktor adalah sebagai berikut:



Data-data ΔH_f dan ΔG° untuk masing-masing komponen pada suhu 25°C (298,15 K) disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.4. *Thermodynamic Properties* EDC, VCM dan HCl

Senyawa	ΔH_{298} (Kj/mol)	ΔG° (Kj/mol)
<i>1,2-Ethylene Dichloride</i>	-129,70	-73,85
<i>Vinyl Chloride Monomer</i>	28,45	42,93
HCl	-92,3	-92,3

(Sumber: Perry dan Green, 2008)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ 298 &= \Delta H^\circ 298 (\text{produk}) - \Delta H^\circ 298 (\text{reaktan}) \\ &= (28,45 + (-92,3)) \text{ kJ/mol} - (-129,70) \text{ kJ/mol} \\ &= 65,85 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Harga $\Delta H^\circ 298$ bernilai positif, maka reaksi pembentukan VCM adalah reaksi endotermis.

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ 298 &= \Delta G^\circ 298 (\text{produk}) - \Delta G^\circ 298 (\text{reaktan}) \\ &= (42,93 + (-95,3)) \text{ kJ/mol} - (-73,85) \text{ kJ/mol} \\ &= 21,48 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Harga konstanta kesetimbangan pada temperatur 298 K dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} K_{298} &= \exp(-\Delta G_{298}/RT) \\ &= \exp(-21.480 \text{ J mol} / 8,314 \text{ J mol.K} \times 298 \text{ K}) \\ &= 1,72 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Reaksi dijalankan pada suhu 500°C, sehingga harga K pada suhu 500°C dapat dihitung sebagai berikut:

$$\ln \frac{K_{753}}{K_{298}} = \left[\left(\frac{-\Delta H_{298}}{R} \right) \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{298}} \right) \right]$$

$$\ln \frac{K_{753}}{1,72 \times 10^{-4}} = \left[\frac{(-65,85 \text{ J/mol})}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \right] \times \left(\frac{1}{753} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K_{753}}{1,72 \times 10^{-4}} = 16,06$$

$$K_{753} = 1.014,33$$

Harga K menunjukkan reaksi tersebut bersifat *irreversible*.

2.3.4. Kinetika Potensi

Ditinjau dari kinetika reaksi, kecepatan reaksi akan bertambah seiring kenaikan suhu. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)}$$

dengan:

k = konstanta laju reaksi ($\frac{1}{s}$), mol/L

A = Faktor tumbukan, L/mol detik

E = Energi aktivasi, kcal/mol

R = Konstanta gas ideal = 0,0821 kal/gmol K

T = Suhu, K

Dengan naiknya suhu, maka harga konstanta kecepatan reaksi akan meningkat sehingga kecepatan reaksinya pun akan meningkat. Adapun konstanta kecepatan reaksi *cracking Ethylene Dichloride* menjadi *Vinyl Chloride Monomer* adalah sebagai berikut :

$$k = 13,6 \exp \left(\frac{-57}{0,0821 \times 753} \right)$$

(Dimian dan Bildea, 2008)

2.4. PENGENDALIAN KUALITAS

2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Dalam proses persiapan produksi, dilaksanakan pengujian pada kualitas dari bahan baku *ethylene dichloride* (EDC) yang didapat dari PT Asahimas Chemical Cilegon. Pengujian ini untuk memperoleh spesifikasi bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi mutu yang diharapkan.

2.4.2. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengawasan dan pengendalian proses produksi dilakukan menggunakan berbagai macam peralatan pengendalian proses yang berada di *control room* dengan menggunakan proses *automatic control* dengan menggunakan beberapa *indicator control*. *Indicator control* digunakan untuk mengawasi aliran bahan baku dan produk serta kondisi operasinya. Alat kontrol yang digunakan yaitu :

1. *Flow control*

Merupakan alat yang ditempatkan dan dipasang pada aliran bahan baku, aliran yang masuk dan keluar proses. *Flow meter* ini diset pada harga tertentu. Bila *flow meter* mengalami penyimpangan dari harga yang diriset, maka akan diberi isyarat berupa perintah untuk mengembalikan ke set semula.

2. *Temperature Control*

Alat ini digunakan untuk mengatur serta mengawasi produksi. Jika terjadi penyimpangan pada set suhu yang telah diterapkan, maka secara otomatis akan melakukan action sesuai dengan suhu yang diinginkan.

3. *Pressure Control*

Perubahan tekanan dapat dideteksi dengan isyarat jika terjadi penyimpangan tekanan, *pressure control* akan mengesetnya kembali sesuai dengan keadaan semula.

4. *Level Control*

Perubahan ketinggian di dalam alat dapat dideteksi dengan isyarat jika terjadi penyimpangan ketinggian level cairan, level control akan mengesetnya kembali sesuai dengan keadaan semula.

5. *Level Indicator*

Salah satu jenis sensor yang digunakan dalam industri kimia yang gunanya untuk mengatur ketinggian dalam tangki penyimpanan, baik dalam tangki penyimpanan bahan baku, maupun tangki penyimpanan produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Langkah Proses

Pada proses *cracking Ethylene Dichloride* menjadi *Vinyl Chloride Monomer*, dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Penyimpanan/storage bahan baku
2. Tahap preparasi bahan baku
3. Tahap reaksi
4. Tahap separasi dan purifikasi

Berikut penjelasan masing-masing tahapan :

1. Tahap penyimpanan/storage Bahan Baku

Bahan baku EDC fase cair yang diperoleh dari PT. Asahimas Chemical disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada kondisi 30°C dan 1 atm. EDC dari tangki penyimpanan dialirkan ke dalam *furnace* untuk dinaikan suhunya hingga mencapai 480°C dan tekanan 3 atm agar merubah EDC fase cair ke fase gas.

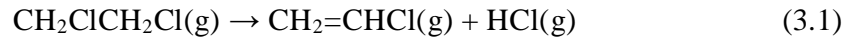
2. Tahap preparasi bahan baku

Pada tahap ini bahan baku diubah secara fisik agar sesuai dengan kondisi reaktor (R-01). EDC keluar *furnace* dengan perubahan EDC dari fase cair ke fase gas dengan suhu 480°C setelah EDC diumpankan ke dalam reaktor *fixed bed multitube* (R-01).

3. Tahap reaksi

EDC dalam fase gas masuk ke dalam reaktor pada suhu 480°C dan tekanan 3 atm akan mengalami reaksi perengkahan (pirolisis) *ethylene dichloride* yang bertujuan menghasilkan *vinyl chloride monomer* dan asam klorida.. Reaksi tersebut merupakan reaksi endotermis yang berlangsung pada reaktor *fixed bed multitube* yang berisi katalis CuCl_2 . Proses *cracking* terjadi pada suhu 480°C sehingga untuk mempertahankan suhu di dalam reaktor (R-01) dilengkapi dengan pemanas (*steam*) untuk mempertahankan

suhu. Katalis berada di dalam *tube* dan pendingin berada di dalam *shell*. Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dengan reaksi samping sebagai berikut :



Campuran gas keluar reaktor berupa *vinyl chloride monomer*, asam klorida, *ethylene dichloride*, dan asetilen di alirkan kedalam *Heat Exchanger* (HE-01) untuk dilakukan proses penurunan suhu sebelum dimasukkan kedalam *condenser* (CD-01) untuk dikondensasikan sehingga campuran keluar *condenser* (CD-01) berupa fase uap dan fase cair pada suhu 117°C dan tekanan 3 atm.

4. Tahap separasi dan purifikasi

Tahap ini merupakan tahap pemisahan dan pemurnian dari produk hasil reaksi agar diperoleh kemurnian yang sesuai dengan spesifikasi pasar. Produk reaktor yang sudah diturunkan suhunya diumpankan ke dalam kondensor parsial (CD-01). Campuran gas di kondensasikan dalam kondensor (CD-01) hingga campuran keluar kondensor (CD-01) berupa fase uap dan fase cair pada suhu 117°C dan tekanan 3 atm. Kemudian dialirkan menuju separator (S-01) untuk dipisahkan fase gas (asetilen dan HCl) dan fase cair (VCM, EDC dan TCE).

Hasil atas separator, fase gas akan di *recycle* dilewatkan pada *heat exchanger* (HE-01) untuk disuaikan lagi suhunya pada suhu reaktor (R-01). Hasil bawah separator diumpankan ke dalam kolom distilasi pada kondisi cair jenuh untuk dipisahkan produk utamanya yaitu VCM dari EDC. Produk utama, VCM, keluar sebagai hasil atas dengan kemurnian min. 99,9% sedangkan EDC sebagai hasil bawah dengan kemurnian min. 99,7%. VCM disimpan pada kondisi cair di dalam tangki bertekanan. Dan EDC di tempatkan pada unit pengolahan lanjut untuk *direcycle* kembali.

3.2. Spesifikasi Alat Proses

3.2.1. Tangki Penyimpanan EDC

Tabel 3.1. Spesifikasi tangka penyimpanan EDC

Spesifikasi alat	T-01
Fungsi	Menampung bahan baku EDC selama 7 hari
Tipe	<i>Silinder vertical dengan flat bottom dan head conocal roof</i>
Bahan	<i>Carbon steel 285 SA grade C</i>
Temperatur, C	30
Tekanan, Atm	1
Fase	Cair
Diameter, ft	90
Tinggi, ft	40
Jumlah course	5
<i>Course 1</i>	
Tebal shell, in	0,91
<i>Course 2</i>	
Tebal shell, in	0,8
<i>Course 3</i>	
Tebal shell, in	0,69
<i>Course 4</i>	
Tebal shell, in	0,46
<i>Course 5</i>	
Tebal shell, in	0,29
Jumlah Plate	10
Tinggi head, m	3,242
Tebal head, m	0,017
Tinggi total, m	15,434

3.2.2. Furnace

Tabel 3.2. Spesifikasi *Furnace*

Spesifikasi Furnace		
Kode	F-01	
Fungsi	Memanaskan gas Bahan Baku dari suhu 30°C ke 480 °C melalui pembakaran bahan bakar LNG	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi	T, C	480
	P, Atm	3
Q, BTU/Jam	45747641	
Tube		
Jumlah	4	
<i>Schedule Number</i>	20	
Diameter Luar (OD), in	42	
Tebal, in	0,375	
Diameter Dalam (ID), in	41	
Panjang <i>Furnace</i> , ft	65	
Lebar <i>Furnace</i> , ft	7	
Tinggi <i>Furnace</i> , ft	6,998	
Volume, ft ³	3184	
Isolasi		
Bahan Isolasi	<i>Kaolin insulating firebrick</i>	
Tebal Isolasi, in	0,101	

3.2.3. Reaktor

Tabel 3.3. Spesifikasi Reaktor

REAKTOR	
Spesifikasi Reaktor	
Fungsi	Mereaksikan EDC dengan bantuan katalis CuCl ₂
Tipe	<i>FIXED BED MULTITUBE</i>
Jumlah, buah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	3,00
suhu umpan, °C	480
Suhu produk, °C	479,999
Pendingin	
Suhu masuk, °C	480
Suhu keluar, °C	479,8816
massa, Kg/Jam	29722,721
Spesifikasi Tube	
Jumlah, buah	553
Panjang tube, m ³	94,1
IDT, in	6,065
ODT, in	6,625
susunan	<i>Triangular dengan pitch 1 1/4 in</i>
Jumlah pass	6
material	<i>Stainless Steel</i>
Spesifikasi shell	
IDs, m	1,1345
Tebal, in	0,625
jumlah pass	1
Material	<i>Stainless Steel</i>
Bentuk Head	<i>Elipstical Head</i>
Tebal Head, in	0,25
Tinggi Head, m	0,256
Tinggi Total Reaktor, m	2,556
Waktu tinggal, s	0,584
Volume Head, m ³	4,E-08
Pipa Reaktan	(masuk dan keluar sama)
ID, in	13,25

Spesifikasi Reaktor	
OD, in	14
Pipa Pendingin	
Masuk	
ID, in	1,5
OD, in	2
Keluar	
ID, in	1,5
OD, in	2

3.2.4. Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3.4. Spesifikasi Heat Exchanger 01

Spesifikasi alat	HE-01
Fungsi	Mendinginkan hasil reaktor
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>
Suhu masuk, °C	480
Suhu keluar, °C	117
Luas transfer panas, ft ²	2685,964
<i>Cold fluid</i>	<i>Cooling Water</i>
<i>Hot fluid</i>	Hasil keluaran reaktor
<i>ID shell</i> , in	35
<i>ID tube</i> , in	0,62
OD, in	0,75
Jumlah <i>tube</i> , buah	878
Panjang <i>tube</i> , ft	16
Ud, btu/lb.ft ² .F	45,041

3.2.5. Condensor (CD-01)

Tabel 3.5. Spesifikasi *Condenser*

Spesifikasi alat	CD-01
Fungsi	Mengondensatkan hasil cooler
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>
Suhu masuk, °C	390
Suhu keluar, °C	349
Luas transfer panas, ft ²	981,500
<i>Cold fluid</i>	<i>Cooling Water</i>
<i>Hot fluid</i>	Hasil atas keluaran HE-01
<i>ID shell</i> , in	35
<i>ID tube</i> , in	0,652
OD, in	0,75
Jumlah <i>tube</i> , buah	250
Panjang <i>tube</i> , ft	20
Ud, btu/lb.ft ² .F	26,773

3.2.6. Separator

Tabel 3.6. Tabel spesifikasi separator

Spesifikasi alat	S-01
Fungsi	Memisahkan <i>feed liquid</i> dan <i>vapor</i>
Jenis	<i>Vertical knock out drum</i>
Bahan	<i>High Alloy Steel (18 Cr-8 Ni) Grade 340</i>
<i>Temperatur</i> , °C	76
Tekanan, atm	3
Laju alir cair, ft ³ /s	0,393
Laju alir gas, ft ³ /s	19,583
Diameter, ft	10,501
<i>Space time</i> , s	600
Tebal <i>plate</i> , ft	0,013
Panjang, ft	16,376

3.2.7. Menara Distilasi

Tabel 3.7. Spesifikasi Menara Distilasi

Spesifikasi alat	MD-01		
Fungsi	Memisahkan produk hasil atas VCM dari EDC dan TCE		
Tipe	<i>Sieve Tray Tower</i>		
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>		
Kondisi operasi	Puncak	T, K	291,177
		P, atm	3
	Dasar	T, K	396,142
		P, atm	3
<i>Reflux</i>	0,116		
Letak <i>feed</i>	letak umpan masuk pada stage ke 12 dari atas dan stage ke 11 dari bawah		
Diameter kolom, m	0,567		
Jenis aliran	<i>Single pass</i>		
Tebal <i>shell</i> , in	0,188		
Tebal <i>head</i> , in	0,244		
Tinggi <i>head</i> , m	0,148		
Jumlah <i>plate</i>	22	buah	
Jumlah lubang tiap <i>plate</i>	1024	buah	
Tebal <i>plate</i> , m	0,050		
<i>Tray spacing</i> , m	0,6		
<i>Pressure drop</i> , atm	0,088		
Tinggi total menara distilasi, m	36,728		

3.2.8. Condensor (CD-02)

Tabel 3.8. Condensor (CD-02)

Spesifikasi alat	CD-02
Fungsi	Mengondensatkan hasil keluaran menara distilasi
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>
Suhu masuk, °C	18
Suhu keluar, °C	16,487
Luas transfer panas, ft ²	1968,736
<i>Cold fluid</i>	Hasil keluaran menara distilasi
<i>Hot fluid</i>	<i>Steam</i>
<i>ID shell</i> , in	29
<i>ID tube</i> , in	0,92
OD, in	1
Jumlah <i>tube</i> , buah	376
Panjang <i>tube</i> , ft	20
Ud, btu/lb.ft ² .F	193,577

3.2.9. Accumulator

Tabel 3.9. Tabel Spesifikasi *Accumulator*

Spesifikasi alat	ACC-01	
Fungsi	Sebagai penampung arus keluaran <i>condenser</i> pada menara distilasi, untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar.	
Jumlah	1 alat	
Tipe	Tangki silinder horizontal	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA.283 Grade C</i>	
Tekanan Operasi, atm	3	
Dimensi :	Volume tangki, ft ³	182,148
	Diameter tangki, m	1,075
	Panjang tangki, m	6,455
	Tebal <i>shell</i> , m	0,006
	Tebal <i>head</i> , m	0,006
	Tinggi <i>head</i> , m	0,230
	Panjang tangki total, m	6,915

3.2.10. Reboiler (RB-01)

Tabel 3.10. spesifikasi *reboiler*

Spesifikasi alat	RB-01
Fungsi	Menguapkan hasil bawah keluaran menara distilasi 1
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan	<i>Stainless steel 304</i>
Suhu masuk, °C	122,942
Suhu keluar, °C	123,397
Luas transfer panas, ft	643,733
<i>Cold fluid</i>	Arus bawah keluaran MD-01
<i>Hot fluid</i>	<i>Steam</i>
<i>ID shell</i> , in	13,250
<i>ID tube</i> , in	1,12
OD, in	1,25
Jumlah <i>tube</i>	123
Panjang <i>tube</i> , ft	16
Ud, btu/lb.ft ² .F	34,995
ΔP, atm	0,027

3.2.11. Tangki Penyimpanan VCM

Tabel 3.11. spesifikasi Tangki Perencanaan VCM

Spesifikasi alat	T-02
Fungsi	Menyimpan VCM produk
Tipe	Tanki
Bahan	<i>Stainless steel SA 283</i>
Temperatur, °C	30
Tekanan, atm	1
Fase	Cair
Kapasitas, ft ³	13505,531
Panjang Tanki, m	27,444
Diameter, m	4,253
Tebal shell, m	0,004
Tebal head, m	0,004
Panjang head, m	1,926

3.2.12. Pompa

Tabel 3.12. spesifikasi pompa

Spesifikasi alat	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan fluida cair dari tangki penyimpanan ke <i>Furnace</i>	Mengalirkan keluaran Kondensor untuk diumpankan menuju <i>Separator</i>	Mengalirkan fluida cair dari <i>Accumulator</i> ke Menara Distilasi	Mengalirkan keluaran <i>Reboiler</i> untuk diumpankan Menara Distilasi	Mengalirkan keluaran UPL untuk diumpankan <i>Furnace</i>
Jumlah	2	2	2	2	2
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal
Kapasitas, ft ³ /s	0,738	0,662	0,179	0,302	0,296
Diameter, in	8	6	4	6	6
Sch No, in	40	40	40	40	40
OD, in	8,625	6,625	4,5	6,625	6,625
ID, in	7,981	6,065	4,026	6,606	6,606
<i>Flow Area</i> , in ²	50	28,9	12,7	28,9	28,9
Tenaga motor, Hp	3	3	1	1	1

3.2.13. Blower

Tabel 3.12. spesifikasi *blower*

Spesifikasi alat	BI – 01	BI – 02
Fungsi	Mengalirkan gas ke kondensor (CD-01)	Mengalirkan gas ke Heat Exchanger (HE-01)
Tipe	Centrifugal Multibalade Backward Curved Blower	Centrifugal Multibalade Backward Curved Blower
Power Motor, Hp	0,669	0,813

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Kapasitas Pabrik

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan Vinil klorida monomer (VCM) di Indonesia adalah tersedianya bahan baku, kebutuhan ekspor impor, serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan VCM dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan VCM akan terus meningkat di tahun yang akan datang, sejalan dengan berkembangnya industri-industri yang menggunakan VCM sebagai bahan baku maupun bahan tambahan.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 150.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang kebutuhan VCM di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Dengan kapasitas tersebut diharapkan :
 - a) Dapat membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri.
 - b) Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju impor VCM dapat ditekan seminimal mungkin.
2. Ketersediaan bahan baku kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan VCM adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik. Bahan baku VCM termasuk mudah untuk di dapat di Indonesia.

3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu:

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya:

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Mencari daerah pemasaran.

2. Kemampuan Pabrik Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

- Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada

kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pemilihan pabrik memberikan pengaruh yang besar terhadap keberlangsungan beroperasinya suatu pabrik. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik harus didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis, antara lain meliputi: distribusi bahan baku dan produk, pemasaran, tenaga kerja, transportasi dan utilitas. Letak pabrik secara langsung akan mempengaruhi kelangsungan hidup pabrik dan juga menentukan keberhasilan dan kesinambungan proses produksi dan distribusi.



Gambar 4.1. lokasi pabrik

Lokasi pabrik terletak di Cilegon, Banten yang didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut:

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

a) Pengadaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang diperlukan oleh suatu industri harus dapat terpenuhi secara kontinyu. Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* merupakan pabrik dengan produk *weight loss* yang artinya produk lebih ringan dibandingkan bahan baku sehingga lebih menguntungkan jika pabrik berada dekat dengan lokasi bahan baku. Selain itu, harga bahan baku merupakan faktor penting yang akan memengaruhi nilai total produk sehingga lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku dapat meminimalkan biaya pengiriman. Bahan baku dalam proses pembuatan *Vinyl Chloride Monomer* yaitu *Ethylene Dichloride* dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Cilegon, Banten .

b) Daerah Pemasaran

Menurut Djing (1960), lokasi pabrik didirikan dekat dengan pasar dan bahan baku didasari oleh tiga hal yaitu untuk meminimalkan biaya transportasi, untuk meningkatkan kerja sama bisnis dan untuk mengurangi risiko dari produk *weight loss*. Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* yang akan didirikan di Cilegon, Banten mempertimbangkan tiga hal tersebut dimana target utama yaitu konsumen VCM yang mayoritas berada di Pulau Jawa, Cilegon, Banten.

Salah satu faktor penentuan lokasi pabrik adalah dengan menentukan lokasi pabrik berdasarkan pemasaran produk. Kota Cilegon dikenal dengan kawasan pabrik yang besar, selain itu banyak industri lainnya di kawasan anyer dan merak. Berdasarkan hal tersebut menjadikan kota Cilegon sebagai kota yang ideal sebagai tempat untuk memproduksi *vinyl chloride monomer*. Selain itu akses ke negara lain untuk meningkatkan keuntungan bisnis seperti impor juga lebih mudah jalur laut karena dekat dengan pelabuhan.

Tabel 4. 1 Konsumen Vinyl Chloride Monomer (VCM) dalam Negeri

Nama PT	Kapasitas (ton/th)	Lokasi
PT. Sulfindo	130.000,000	Banten
PT. Asahimas Chemical	400.000,000	Banten
PT. Standart Toyo Polymer	87.000,000	Banten
PT. Siam Maspion Polymer	100.000,000	Jawa Timur
Total	717.000,000	

(www.datacon.co.id)

c) Transportasi

- Transportasi Darat

Jalur transportasi darat memegang peranan penting dalam proses pengiriman barang. Transportasi keluar masuk barang melalui jalur darat di Cilegon yang terletak di barat pulau Jawa ini tergolong mudah, karena dilintasi oleh jalan nasional dan jalan provinsi.

- Transportasi Laut

Melalui jalur laut, Kota Cilegon berada di tepi Selat Sunda, memiliki beberapa pelabuhan yang menjadi akses pengiriman barang ke beberapa wilayah di dalam dan luar negeri. Pelabuhan

tersebut yaitu pelabuhan Merak dan pelabuhan Sunda Kelapa. Pelabuhan Merak memiliki fasilitas yang memadai dalam akses pengiriman barang dan jasa.

d) Tenaga Kerja

Pertimbangan ketenagakerjaan antara lain tenaga kerja harus memenuhi kriteria dan keahlian masing – masing di bidangnya, produktivitas, dan pendapatan minimum daerah. Maka dipilih lokasi yang sanggup memenuhi spesifikasi tersebut agar jalannya produksi lancar. Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan didirikannya pabrik di daerah utara pulau Jawa yang memungkinkan untuk memperoleh tenaga kerja yang berkualitas karena seperti diketahui, di pulau Jawa banyak terdapat tenaga kerja yang berpendidikan tinggi.

e) Utilitas

Dalam operasinya, pabrik membutuhkan air, energi (listrik), steam, dan kebutuhan utilitas lainnya untuk keperluan proses, pendingin, pemadam kebakaran, maupun keperluan rumah tangga pabrik. Oleh karena itu, lokasi pabrik hendaknya berdekatan dengan sumber air seperti sungai, waduk, atau laut sehingga ketersediaan air terjamin. Sumber energi terutama energi listrik dapat dipenuhi dengan instalasi kabel listrik yang bekerja sama dengan Perusahaan Listrik Negara (Djing, 1960). Di Cilegon, Banten kebutuhan air dapat dari pengolahan air laut serta kebutuhan listrik dari PLN, dan sekitarnya.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri.

Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut :

- Perluasan Areal Unit.

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan industri di Jawa untuk , sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

- Perizinan.

Untuk membangun sebuah pabrik, terdapat beberapa peraturan dan perundang – undangan yang harus ditaati dan dijalani oleh pendiri pabrik. Provinsi Banten memiliki peraturan – peraturan terkait dengan pendirian pabrik industri. Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

- Sarana, Prasarana dan Fasilitas Sosial.

Prasarana umum dan fasilitas sosial di sekitar pabrik harus diperhatikan untuk memudahkan transportasi dan pelayanan sosial bagi karyawan. Pelayanan sosial dalam perusahaan meliputi sarana kesehatan, pendidikan, hiburan dan tempat ibadah, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup karyawan.

4.2. Tata Letak dan Peralatan Proses

Tata letak pabrik yang baik dapat diartikan sebagai penyusunan yang teratur dan efisien dari semua fasilitas peralatan pabrik dihubungkan dengan tenaga kerja yang ada didalamnya. Tata letak suatu pabrik memiliki peranan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari. Berikut adalah faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam tata letak pabrik :

- Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) yang didirikan merupakan pabrik baru sehingga dalam penentuan tata letak pabrik tidak dibatasi oleh bangunan yang sudah berdiri.
- Persediaan tanah untuk perluasan pabrik disediakan untuk masa yang akan datang. Masalah yang menyangkut *safety* seperti kemungkinan terjadi kebakaran, kecelakaan dan sebagainya. Oleh karena itu, perencanaan tata letak pabrik
- harus mengelompokkan unit-unit proses agar memudahkan pengalokasian bahaya kebakaran yang dapat terjadi.
- Tata letak pabrik harus mengikuti peraturan daerah setempat.
- Penggunaan ruang kerja yang efisien.

Manfaat tata letak pabrik diantaranya:

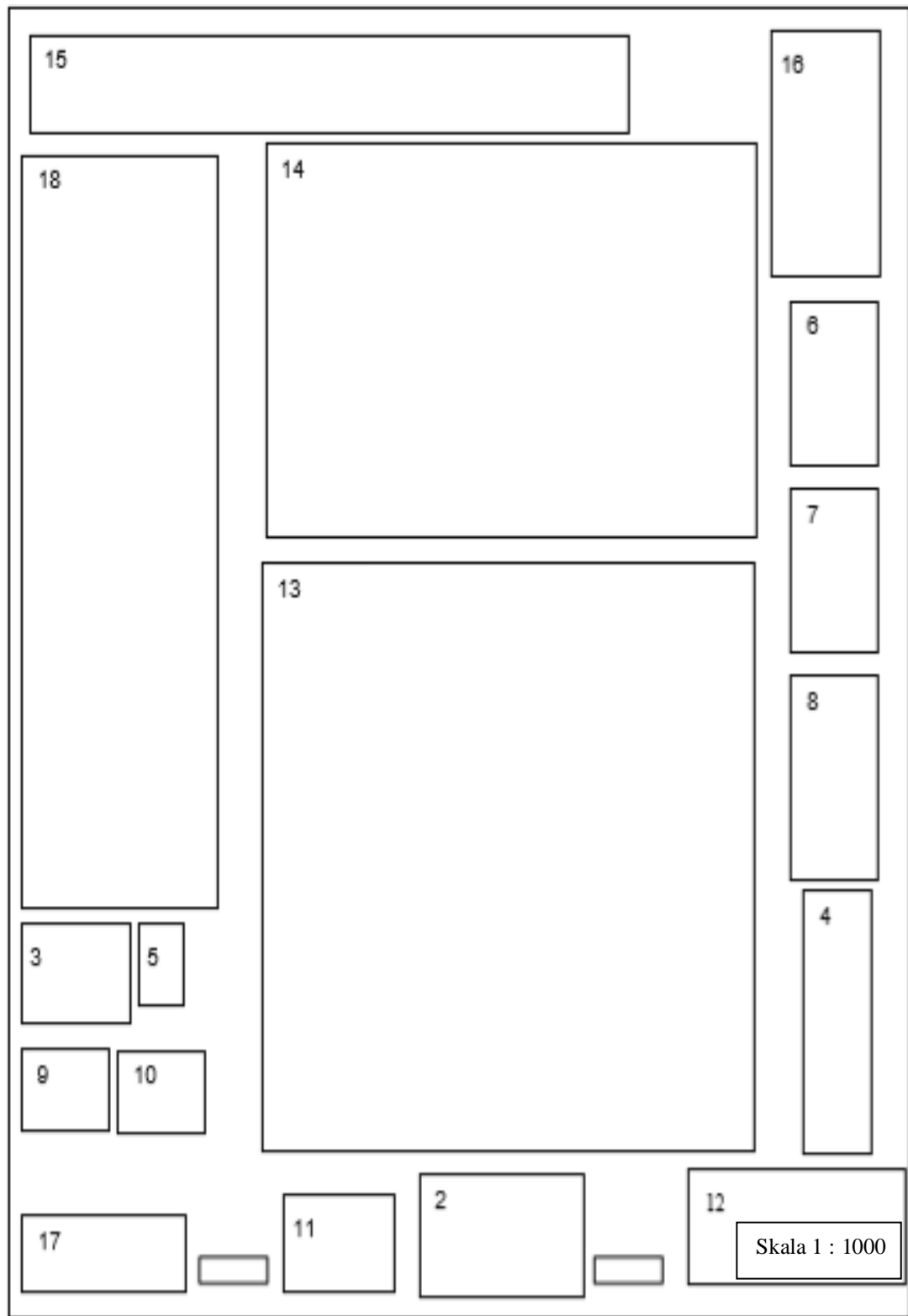
- Meningkatkan output produksi
- Mengurangi waktu proses pemindahan bahan
- Penghematan penggunaan area (produksi, gudang, service, dan lain sebagainya)
- Peningkatan pendayagunaan pemakaian alat, tenaga kerja dan fasilitas produksi
- Menghindari ketidakteraturan
- Memperbaiki moral dan kepuasan kerja

Secara garis besar lay out pabrik *vinyl chlordde monomer* ini dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

- Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas penunjang lainnya. Area ini terdiri dari:
 - Daerah perkantoran sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik yang mengatur dalam kelancaran operasi pabrik.

- Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
- Fasilitas bagi karyawan yaitu : kantin, tempat ibadah, aula, layanan kesehatan, dan sebagainya.
- Daerah Proses dan Ruang Kontrol yang merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses operasi pabrik berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses operasi pabrik.
- Daerah pergudangan, umum, bengkel dan garasi,
- Daerah Utilitas dan pemadam kebakaran yang merupakan lokasi kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik, serta unit pemadam kebakaran.

Susunan tata letak pabrik haruslah dapat memperlancar proses distribusi bahan-bahan menjadi lebih baik, cepat, dan efisien. Berikut layout pabrik *Vinyl Chloride Monomer* kapasitas 150.000 ton/tahun:



Gambar 4.2. Layout Pabrik *Vinyl Chloride Monomer*

Perincian penggunaan tanah:

Tabel 4. 2 Perincian Luas Penggunaan Tanah

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	4	12,5	50
2	Gedung Kantor Utama	25	40	1000
3	Kantin	20	15	300
4	Laboratorium	40	12,5	500
5	Fire Safety	8	12,5	100
6	Gudang	25	16	400
7	Bengkel	25	16	400
8	CCR (Ruang Kontrol)	31,25	16	500
9	Musholla	12,5	16	200
10	Klinik	12,5	16	200
11	Aula Pertemuan	20	15	300
12	Lapangan Parkir	40	17,5	700
13	Unit Proses	100	100	10000
14	Unit Utilitas	70	100	7000
15	Unit Pengolahan Limbah	100	30	3000
16	Jetty Pelabuhan	20	37,5	750
17	Jalan, Taman	12,5	16	2000
18	Daerah Perluasan Pabrik	125	40	5000
Total				32400

4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam menetapkan alat-alat proses pada pabrik, biaya operasi diusahakan dapat ditekan. Selain itu, kelancaran dan keamanan produksi pabrik dapat terjamin, sehingga keuntungan dari segi ekonomi dapat tercapai pula. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- Dapat mengefektifkan penggunaan luas tanah.

- Biaya material handling menjadi rendah dan menyebabkan turunnya pengeluaran untuk kapital yang tidak penting
- Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktivitas kerja

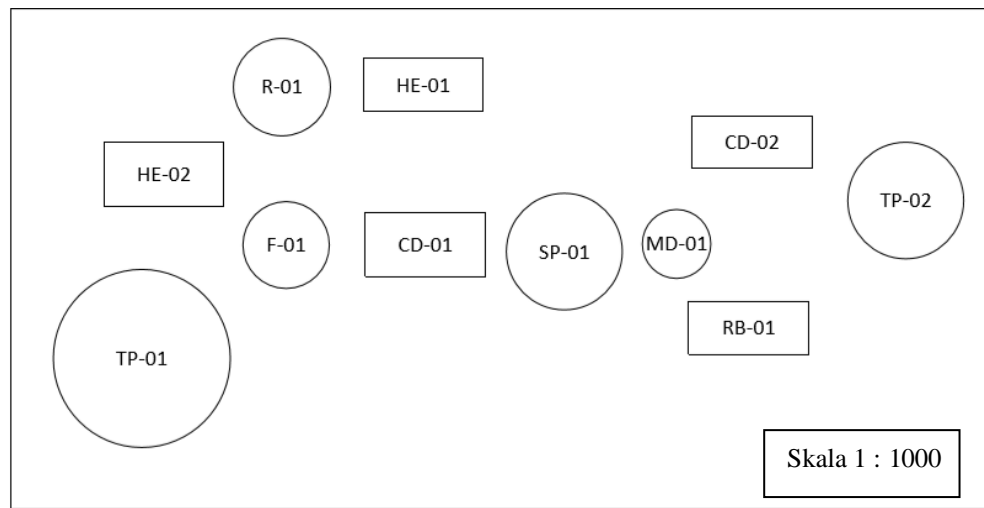
Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Aliran bahan baku dan produk
Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
- Aliran udara
Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.
- Pencahayaan
Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.
- Lalu lintas manusia dan kendaraan
Dalam perancangan lay out peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.
- Pertimbangan Ekonomi
Dalam menempatkan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

- Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Pada gambar 4.3. dibawah ini menunjukkan tata letak alat proses pada pabrik *Vinyl Chloride Monomer (VCM)*



Gambar 4.3. *Layout* peralatan proses

4.4. Alir Proses dan Material

4.4.1. Alir Proses

Basis perhitungan neraca massa :

Kapasitas produksi : 150.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja

1 hari Kerja : 24 jam

Basis perhitungan : 1 jam

Basis Mula- mula : 1017,1065 kg/jam

4.4.2. Neraca Massa

- Neraca Massa Total

Tabel 4.4. Neraca Massa Total

Komponen	Neraca Massa Total			
	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)		
	Arus 2	Arus 9	Arus 12	Arus 16
EDC	100492,1589	-	40,2572	40216,9017
TCE	27,1567	-	0,0272	27,1296
VCM	11,0481	-	18904,6004	18,9235
HCl	-	33370,8212	-	-
C ₂ H ₂	-	7951,7030	-	-
Total	100530,3638	41322,52421	18944,88475	40262,95481
Total	100530,3638	100530,3638		

- Neraca Massa *Furnace*

Tabel 4.5. Neraca Massa *Furnace*

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 2	Arus 3
EDC	100492,1589	100492,1589
TCE	27,1567	27,1567
VCM	11,0481	11,0481
HCl	-	-
C ₂ H ₂	-	-
Total	100530,3638	100530,3638

- Neraca Massa Reaktor

Tabel 4.6. Neraca Massa Reaktor

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
EDC	100492,1589	40257,1589
TCE	27,1567	27,1567
VCM	11,0481	18923,5240
HCl	-	33370,8212
C ₂ H ₂	-	7951,7030
Total	100530,3638	100530,3638

- Neraca Massa Kondensor -01

Tabel 4.7. Neraca Massa Kondensor -0 1

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6
EDC	40257,1589	40257,1589
TCE	27,1567	27,1567
VCM	18923,5240	18923,5240
HCl	33370,8212	33370,8212
C ₂ H ₂	7951,7030	7951,7030
Total	100530,3638	100530,3638

- Neraca Massa Separator

Tabel 4.8. Neraca Massa Separator

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 7 (liquid)	Arus 8 (gas)
EDC	40257,1589	40257,1589	-
TCE	27,1567	27,1567	-
VCM	18923,5240	18923,5240	-
HCl	33370,8212	-	33370,8212
C ₂ H ₂	7951,7030	-	7951,7030
Total	100530,3638	59207,8396	41322,5242

- Neraca Massa Menara Distilasi

Tabel 4.9. Neraca Massa Menara Distilasi

KOMPONEN	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 10 (Distilat)	Arus 13 (Bottom)
EDC	40257,1589	40,2572	40216,9017
TCE	27,1567	0,0272	27,1296
VCM	18923,5240	18904,6004	18,9235
Total	59207,8396	18944,8847	40262,9548
Total	59207,8396	59207,8396	

4.4.3. Neraca Panas

1. Neraca Panas *Furnace*

Tabel 4.10. Neraca Panas *Furnace*

Neraca Energi Total di <i>Furnace</i>			
Qin		Qout	
Komponen	Energi (Kj/Jam)	Komponen	Energi (Kj/Jam)
Q1	403.482,73	Q2	48.663.667,19
Qp	48.260.184,46		
Total	48.663.667		48.663.667

2. Neraca Panas Reaktor

Tabel 4.11. Neraca Panas Reaktor

Komponen	Q2	Q3
	(Kj/jam)	(Kj/jam)
EDC	48652871,94	19490340,5
TCE	10795,24679	10795,24679
VCM	-	10332537,64
HCl	-	12271797,98
C ₂ H ₂	-	7555151,708
Total	48663667,19	49660623,07

Neraca Panas Qin dan Qout		
	Qin	Qout
Q2	48663667,1852	
Q3		49660623,0683
Qpendingin	72468,35	
	48736135,5374	49660623,0683
Steam	924487,5309	
Qtotal	49660623,0683	49660623,0683

3. Neraca Panas Heat Exchanger 01

Tabel 4.12. Neraca Panas Heat Exchanger 01

Komponen	Q3	Q4
	(Kj/jam)	(Kj/jam)
EDC	19490340,5	3183271,249
TCE	10795,24679	1789,960407
VCM	10332537,64	1659849,938
HCl	12271797,98	2448546,399
C2H2	7555151,708	1322417,477
Total	49660623,07	8615875,023

Neraca Panas Total HE

	Aliran Masuk (Kj/jam)	Aliran Keluar (Kj/jam)
Q3	49660623,0683	
Q4		8615875,0234
Q Pendingin	-	41044748,0450
Total	49.660.623	49.660.623

4. Neraca Panas Kondensor

Tabel 4.13. Neraca Panas Kondensor

Komponen	Panas Masuk		Panas Keluar	
	Q4	Qc in	Q5	Qc out
EDC	- 1471528,6097	0	- 1800354,7731	0
TCE	-827,8020	0	-1098,9576	0
VCM	-768977,0438	0	-969500,1755	0
HCl	- 1080941,5652	0	-912330,7946	0
C2H2	-600210,7380	0	-486714,8149	0
H2O	0	0	0	8092485,2743
Total	-3922485,7587		3922485,7587	

5. Neraca Panas Separator

Tabel 4.14. Neraca Panas Separator

Komponen	Q5	Q7	Q6
	(Kj/jam)	(Kj/jam)	(Kj/jam)
EDC	2654539,835		2654539,835
TCE	1618,411403		1618,411403
VCM	1412240,517		1412240,517
HCl	1356502,08	1356502,08	
C2H2	716170,1345	716170,1345	
Total	6141070,978	2072672,215	4068398,764

6. Neraca Panas Heater

Tabel 4.15. Neraca Panas Heater

Komponen	Q7	Q8
	(Kj/jam)	(Kj/jam)
HCl	2713004,16	24543595,96
C2H2	1432340,269	15110303,42
Total	4145344,429	39653899,38

**Neraca Panas
Total**

	Q7	Q8
Qin	4145344,4293	
Qout		39653899,3760
Q Pendingin	35508554,9467	
Total	39.653.899	39.653.899

7. Neraca Panas Menara Distilasi

Tabel 4.16. Neraca Panas Menara Distilasi

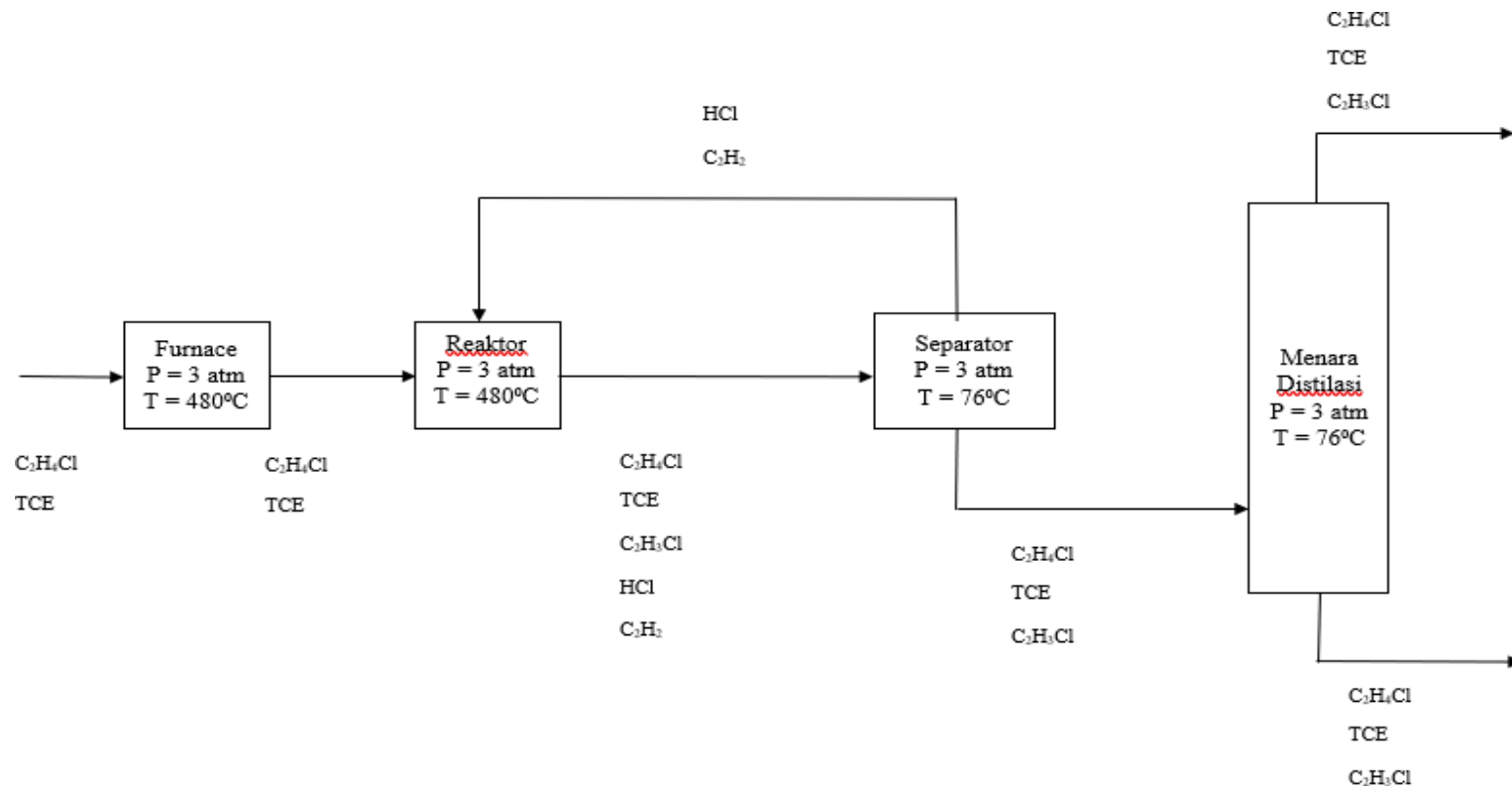
Komponen	Q6	Q9	Q11
	(Kj/jam)	(Kj/jam)	(Kj/jam)
EDC	2654539,835	2105,444646	3154749,797
TCE	1618,411403	1,023344331	1883,789886
VCM	1412240,517	907679,2589	1978,68569
Total	4068398,764	909785,7269	3158612,273

**Neraca Panas
Total**

	Aliran Masuk (Kj/jam)	Aliran Keluar (Kj/jam)
Qin	4.068.399	
Qout top		909.786
Qout bottom		3.158.612
Total	4.068.399	4.068.398

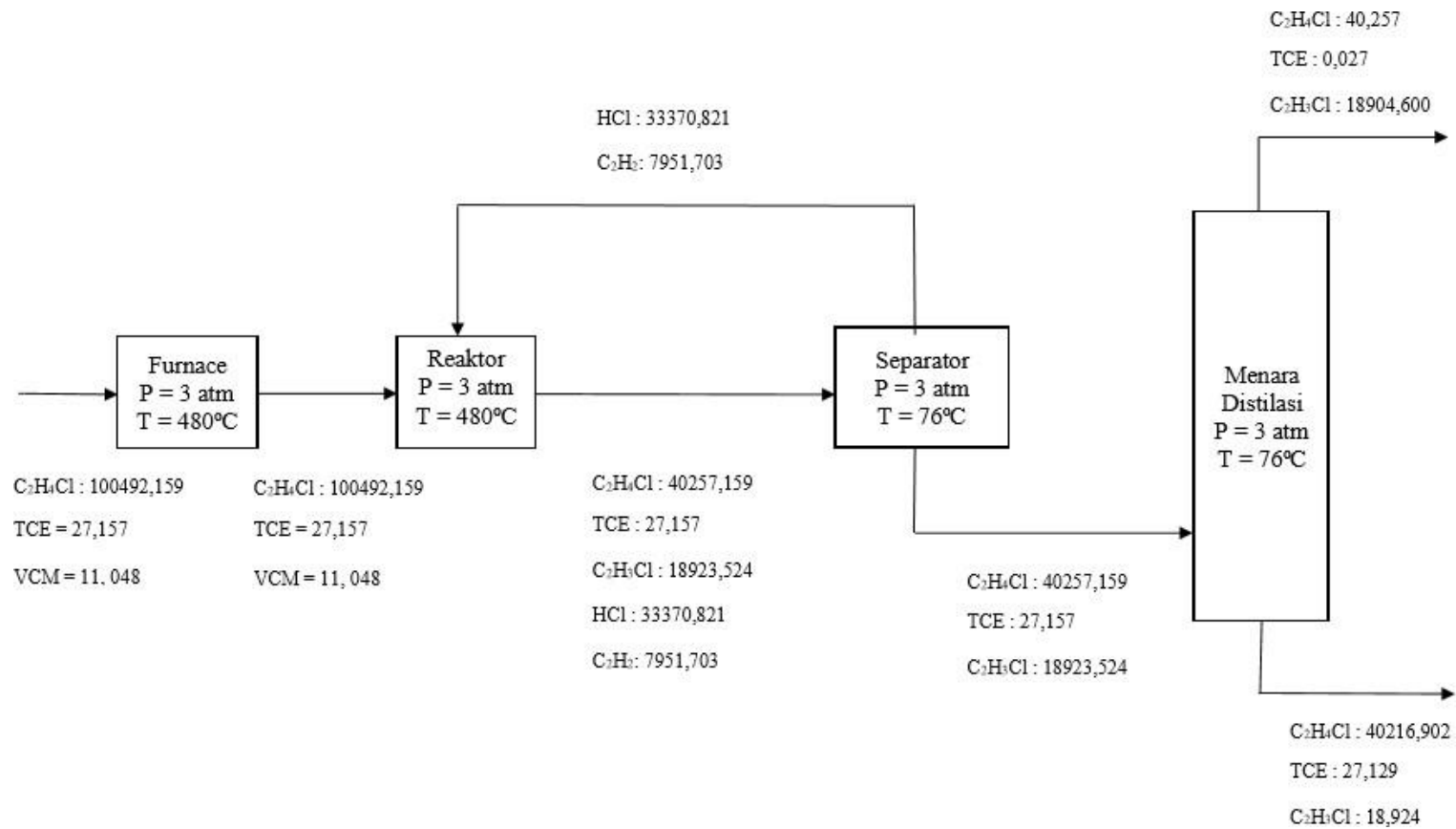
4.5. Diagram Alir

4.5.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif

4.5.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif

4.6. Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat.

Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1. Over head 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- Umur

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

- Tenaga manusia
Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.7. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik *Vinyl Chloride Monomer* ini adalah dengan penyediaan utilitas. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit utilitas berfungsi menyediakan bahan penunjang proses pada pabrik. Unit utilitas berfungsi menyediakan bahan penunjang proses pada pabrik. Unit utilitas pada prarancangan pabrik *Vinyl Chloride Monomer* dibagi menjadi beberapa bagian:

- Unit Pengadaan Air
- Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- Unit Pengadaan Uap Air (Steam) (*Steam Generation System*)
- Unit Pengadaan Udara Tekan
- Unit Pengadaan Listrik
- Unit Pengadaan Bahan Bakar
- Unit Laboratorium
- Unit Pengolahan Limbah dan Limbah B3

4.7.1. Unit Pengadaan Air

Unit pengadaan air bertugas menyediakan kebutuhan air untuk keperluan teknis dan non teknis seperti air pendingin, air boiler dan air pemadam kebakaran. Pada perancangan pabrik *Vinyl Chloride Monomer* ini kebutuhan air bersumber dari air laut dengan alasan lokasi pabrik yang dekat dengan laut dan ketersediaan yang besar dan dapat diperoleh secara kontinyu. Sebelum didistribusikan ke proses, air laut harus ditreatment terlebih dahulu untuk memenuhi standar mutu air agar dapat digunakan sesuai kebutuhannya. Air laut yang mempunyai unsur garam yang melimpah perlu dihilangkan terlebih dahulu pada unit ini. Kandungan garam ini dapat menyebabkan scalling jika masuk ke alat boiler. Maka dari itu, sebelum diolah lebih lanjut, air laut diproses desalinasi terlebih dahulu. Pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air selain lokasinya dekat dengan pabrik adalah sebagai berikut :

- Air laut dapat diperoleh dengan kuantitas yang besar. Air laut merupakan sumber air dengan kontinuitasnya sangat tinggi, karena Negara Indonesia adalah Negara kepulauan yang terdiri dari banyak pulau dan laut, membuat cadangan air laut tidak ada batasnya.
- Mudah dalam pengolahan serta pengaturannya. Hal ini sama seperti pengolahan pada air sungai, yang berbeda untuk pengolahan air laut sendiri ditambahkan proses desalinasi. Untuk proses desalinasi sendiri terbilang relative mudah dan murah karena memanfaatkan membrane.
- Dapat menyerap jumlah panas per satuan volume yang tinggi. Seiring dengan perkembangannya zaman, banyak peneliti oseanografi meneliti tentang panas air laut yang dapat menyerap panas hingga udara diatas permukaannya. Hal ini dikarenakan

sifat air laut yang lebih padat strukturnya dibanding dengan udara.

Berikut jenis-jenis kebutuhan air pada pabrik :

1. Air Proses

Air Proses digunakan untuk kebutuhan proses pada area proses.

Syarat air proses meliputi :

- Tidak berasa
- Berwarna jernih
- Tidak berbau
- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik

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

Terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam memilih jenis air sebagai umpan boiler diantaranya:

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

zat-zat yang menyebabkan korosif, dimana salah satu faktor yang menjadi penyebab korosif dalam boiler yaitu Terdapat senyawa senyawa yang dapat menimbulkan korosif pada boiler seperti larutan asam dan gas-gas terlarut. Gas-gas terlarut seperti oksigen, karbon dioksida, asam sulfat dan senyawa lainnya.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan foaming.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin digunakan sebagai media pendingin pada alat cooler dan kondensor. Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

4. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

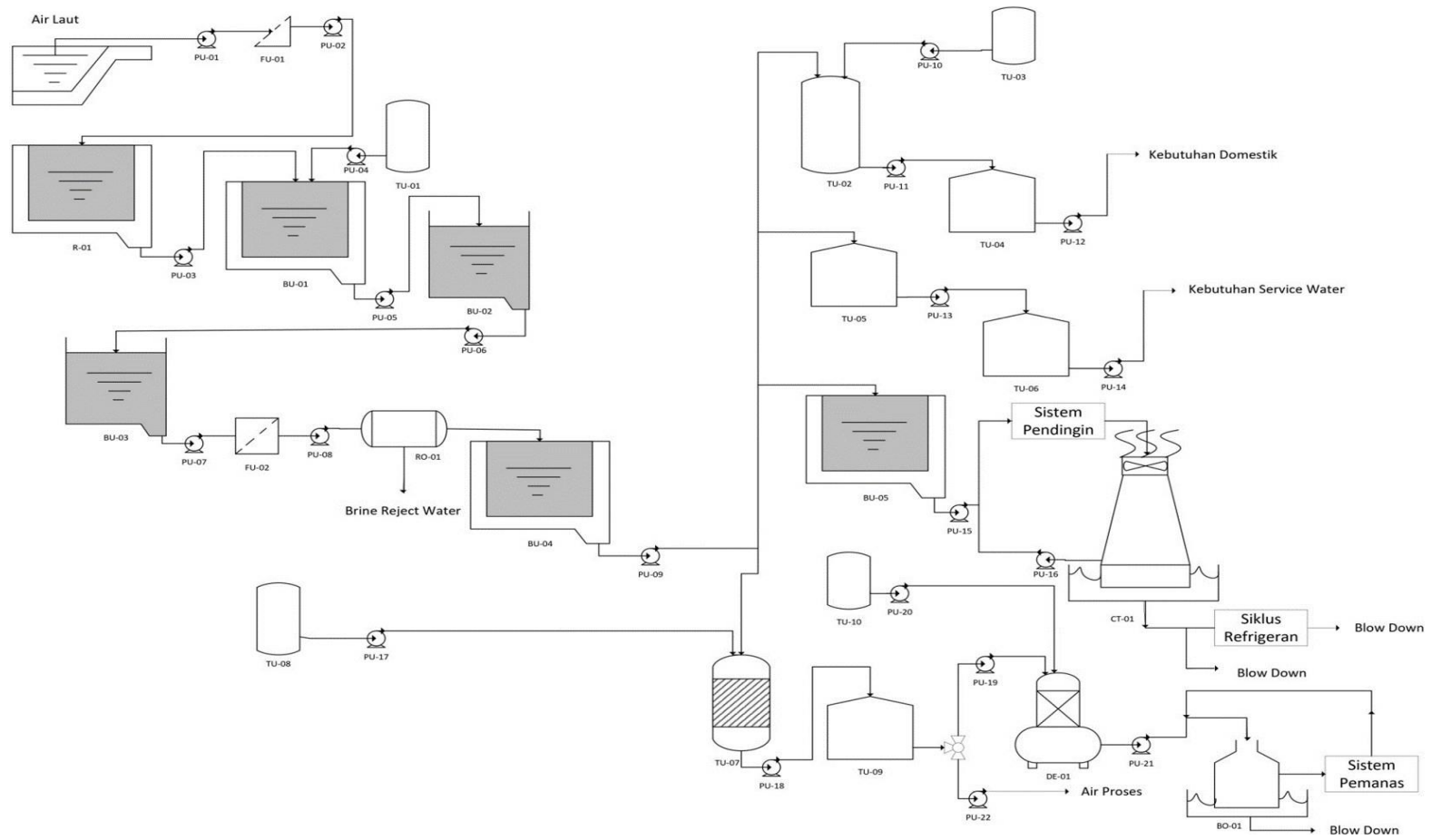
- a. Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : dibawah suhu udara
 - Warna : jernih
 - Rasa : tidak berasa
 - Bau : tidak berbau
- b. Syarat kimia, meliputi:
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bahan beracun
 - Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air

5. Air Hidran

Air hidran atau air pemadam kebakaran sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran pada bagian dari pabrik. Penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental hanya saat terjadi kebakaran. Air hidran tidak menyangkut proses sehingga tidak membutuhkan spesifikasi yang kompleks, Air hidran disuplai dari unit desalinasi air laut. Dalam prakteknya kebutuhan air disalurkan melalui pipa hidran yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa hidran dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik. Selain itu disediakan pula *portable fire fighting equipment* (Hickey, 2008).

4.7.2. Unit Pengolahan Air Laut

Air sebagai utilitas pabrik harus memenuhi berbagai persyaratan sehingga air laut harus diolah terlebih dahulu. Air laut yang digunakan diperoleh dari laut Jawa untuk keperluan air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air hidran. Pengolahan air untuk kebutuhan akan diolah secara fisik maupun secara kimia. Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :



Gambar 4.6. Unit Pengolahan Air laut

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : Screening
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Pengendap (Koagulasi & Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap 1
7. BU-03 : Bak Pengendap 2
8. FU-02 : Sand Filter
9. RO-01 : Membran Reverse Osmosis
10. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
11. TU-02 : Tangki Klorinasi
12. TU-03 : Tangki Kaporit
13. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
14. TU-05 : Tangki Service Water
15. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
16. BU-05 : Bak Cooling Water
17. CT-01 : Cooling Tower
18. TU-07 : Mixed-Bed
19. TU-08 : Tangki NaCl
20. TU-09 : Tangki Air Demin
21. TU-10 : Tangki N_2H_4
22. DE-01 : Deaerator
23. BO-01 : Boiler

Pengolahan air untuk kebutuhan akan diolah secara fisik maupun secara kimia. Pengolahan air meliputi beberapa tahapan :

6. Penampungan (*Reservoir*)

Air sudah diproses dari desalinasi ditampung pada reservoir. Pada penampungan terjadi pengendapan kotoran yang masih ikut terbawa setelah melewati beberapa proses awal. Proses pengendapan tidak memerlukan tambahan alat, karena nantinya akan terendapkan secara otomatis karena adanya gaya gravitasi.

7. Koagulasi

Air dari reservoir nantinya akan melewati proses koagulasi dimana pada proses ini akan terjadi penggumpalan. Proses ini memerlukan penambahan bahan koagulan yang ditambahkan ke dalam air. Umumnya koagulan yang digunakan adalah Aluminium Sulfat ($AL_2(SO_4)_3$) atau tawas. Koagulan tersebut adalah garam yang terbuat dari perpaduan basa lemah dan asam kuat. Karena berasal dari perpaduan basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang memiliki suasana basa akan dengan mudah terhidrolisa. Selain penambahan koagulan tawas penambahan kapur juga dilakukan pada air. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses flokulasi. Kapur dapat berfungsi sebagai komponen yang memberikan sifat alkalis kedalam air sehingga bisa menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air. Karena sifatnya yang basa, dapat mempermudah terjadinya penggumpalan. Tujuan dari proses flokulasi adalah untuk mengendapkan impurities yang terdispersi koloid dalam air dengan cara menggumpalkannya menggunakan koagulan.

8. Penyaringan (*Sand Filter*)

Setelah melewati proses penyaringan dengan screen, air harus melewati tahap penyaringan lagi. Pada tahap penyaringan ini menggunakan proses filtrasi. Air keluaran dari bak pengendap diduga masih terdapat komponen padatan tersuspensi, sehingga harus difiltrasi untuk memisahkan padatan tersebut. *Sand Filter* juga bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral yang masih

terdapat di dalam air dengan bantuan resin. Output dari proses ini adalah air yang bebas dari komponen mineral yang siap untuk diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler.

9. Desalinasi

Ada beberapa teknologi proses yang telah banyak digunakan yaitu :

- a. Desalinasi air laut dengan proses *membrane reverse osmosis*
- b. *Multi Effect Evaporation*
- c. Proses pertukaran ion

Proses ini dilakukan pertama kali pada pengolahan air jika sumber air diambil dari laut dan berada di pinggir pantai yang bertujuan untuk memudahkan pengambilan air laut. Teknologi yang digunakan adalah teknologi *membrane reverse osmosis*.

Dalam membran RO (*Reverse Osmosis*) tersebut terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, yaitu partikel yang molekulnya lebih besar dari molekul air misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan terikat kedalam air buangan (*reject water*). Berdasar hal tersebut air yang akan masuk kedalam membran RO harus mempunyai persyaratan tertentu seperti kekeruhan harus nol, kadar besi harus lebih kecil 0,1 mg/L, pH harus dikontrol agar tidak terjadi pengerasan kalsium dan lainnya. Air baku (air laut) terutama yang berasal dari dekat pantai, masih mengandung padatan tersuspensi, mineral, plankton dan lain-lain harus diolah pendahuluan sebelum diproses dengan RO.

Air pertama kali diambil dari laut dengan pompa yang selanjutnya akan dialirkan ke penyaringan. Air laut akan mengalami proses penyaringan menggunakan screen dan sand filter yang bertujuan untuk menghilangkan padatan dan komponen-komponen kecil yang ikut terbawa dari laut. Setelah melewati proses

penyaringan, selanjutnya air akan melalui proses desalinasi dengan membrane selulosa asetat. Dengan adanya teknologi reverse osmosis kadar garam air laut dapat dihilangkan dari kisaran 10.000 ppm menjadi air tawar dengan kandungan garam sebesar 100 ppm. Selanjutnya air akan dipompa untuk diproses lebih lanjut. Berikut informasi mengenai metode proses Reverse Osmosis :

- *Driving force : Pressure Gradient* (gradient tekanan)
- *Separation Size Range : < 5 nm*
- *Materials Separated : Dissolved Salts* (garam terlarut)

10. Demineralisasi

Air keluaran dari proses filtrasi adalah air yang bebas dari komponen mineral seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} dan Cl^- yang kemudian ditampung pada bak penampung air bersih. Air dari bak penampung kemudian dipompakan menuju proses demineralisasi. Tujuan dari proses ini adalah mempersiapkan air yang digunakan sebagai input dari boiler. Maka dari itu, air ini harus bebas dari komponen mineral. Demineralisasi dilakukan dengan alat penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*).

Air pertama kali diumpankan ke cation exchanger yang bertujuan untuk menukar ion-ion positif/kation. Alat ini sering juga disebut dengan softener yang didalamnya terdapat resin jenis *hydrogen-zeolite*. Resin inilah yang membuat terjadinya penukaran kation dengan ion H^+ . Setelah terjadinya penukaran, air keluaran dari cation exchanger mempunyai pH yang rendah dan dapat dikatan sebagai *Free Acid Material* (FMA). FMA ini adalah salah satu parameter untuk menghitung kadar kejenuhan resin. Normalnya FMA akan stabil pada 12 ppm, jika mengalami penurunan artinya resin yang digunakan sudah jenuh sehingga perlu diregenerasi dengan H_2SO_4 dengan konsentrasi 4%.

11. Deaerasi

Sebelum ditampung dalam tangki penyimpanan sementara, air keluaran dari proses demineralisasi akan di proses deaerasi lagi. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan gas-gas terutama O₂ yang berpotensi mengakibatkan korosi pada alat. Proses ini dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi. Proses mekanis dilakukan dengan mengontakkan air umpan boiler dengan uap pada kondisi tekanan yang rendah, sehingga suhu air akan mengalami kenaikan yang menyebabkan berkurangnya kandungan gas yang terlarut dalam air dan terlepas ke atmosfer. Sedangkan dikatan secara kimiawi karena pada proses ini perlu untuk menambahkan senyawa kimia hidrazin (N₂H₄).

4.7.3. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.17. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
Reaktor	R-01	924487,5309
Heat Exchanger	HE-01	12965,7148
Reboiler	RB-01	4176,6477
Total		941629,8934

Steam yang direncanakan adalah *saturated steam* dengan kondisi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 300 \text{ }^{\circ}\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 20\%$$

$$\text{Over desain} = 20\%$$

$$\text{Kebutuhan steam} = 20\% \times 944851,0591 \text{ kg/jam}$$

$$= 188325,9787 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times 944851,0591 \text{ kg/jam} \\ &= 141244,4840 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times 944851,0591 \text{ kg/jam} \\ &= 47081,4947 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air make up untuk steam} &= 20\% \times \text{Kebutuhan Steam} \\ &= 20\% \times 188970,2118 \text{ kg/jam} \\ &= 37665,19 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan Air pendingin (*Cooling Water*)

Tabel 4.18. Kebutuhan air pendingin

Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Cooler	CI-01	115405,4055
Kondensor	CD-01	193299,3174
Kondensor	CD-02	3333844,5035
Total		642549,2264

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 642549,2264 \text{ kg/jam} \\ &= 128509,8453 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jumlah air yang menguap (W_e)

$$= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \text{ (Perry, Pers. 12-14C)}$$

$$= 0,00085 \times 335,43 \times 303$$

$$= 1701,9332 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Drift Loss (} W_d \text{)} = 0,0002 \times W_C \text{ (Perry, Pers. 12-14C)}$$

$$= 0,0002 \times 128509,8453 \text{ kg/jam}$$

$$= 25,702 \text{ kg/jam}$$

Blowdown (W_b) (dipilih *cycle* sebanyak 5 kali)

$$W_b = \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{\text{cycle} - 1} \text{ (Perry, Pers. 12-14C)}$$

$$W_b = \frac{1701,9332 - (5 - 1)12,348}{5 - 1} = 413,1351 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sehingga jumlah } makeup \text{ air adalah} &= W_e + W_d + W_b \\
&= 1701,9332 + 25,702 + 413,1351 \\
&= 2127,4165 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Perancangan dibuat over desain 20\%} &= 20\% \times 2127,4165 \text{ kg/jam} \\
&= 425,4833 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

3. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk tempat tinggal dan kebutuhan air karyawan.

- Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk per orangnya adalah 100- 200 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari

Jumlah karyawan = 270 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 1125 kg/jam

- Kebutuhan Air *Area Mess*

Jumlah mess = 60 rumah

Penghuni mess = 4 orang

Kebutuhan air untuk mess = 1000 kg/jam

Total kebutuhan air domestik = 1125 + 1000

= 2125 kg/jam

4. Kebutuhan *Service Water*

Untuk kebutuhan air *service water* diasumsikan sekitar 162,5 kg/jam. Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsimum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

Total Kebutuhan Air :

Tabel 4.19. Total kebutuhan air

Keperluan	Jumlah (kg/jam)
Domestik Water	2125
Service Water	162,5000
Cooling Water	425,4832913
Steam Water	37665,1957
Process Water	5000,0000
Total	45.378,18

4.7.4. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

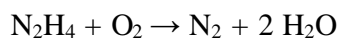
Unit ini untuk mempersiapkan kebutuhan steam pada proses produksi. *Steam* dibuat pada ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi perancangan :

Kapasitas : 944.851,059 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Sistem penyedia steam terdiri dari *deaerator* dan *boiler*. Proses deaerasi terjadi dalam *deaerator* berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray*, *sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan *steam*. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari *deaerator*. *Deaerator* memiliki waktu tinggal 12 jam. Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam *deaerator* untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral dengan reaksi:



4.7.5. Unit Pengadaan Udara Tekan

Udara tekan dibutuhkan untuk penggunaan alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 9,3456 m³/jam.

4.7.6. Unit Pengadaan Listrik

Untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam pabrik, diambil dari PLN dan sebagai cadangan adalah generator set untuk menghindari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada PLN. Kebutuhan listrik dapat dibagi:

1. Listrik untuk keperluan proses
2. Listrik untuk keperluan pengolahan air
3. Listrik untuk penerangan dan AC
4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Pada perancangan pabrik *Vinyl Chloride Monomer* ini kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari pembangkit listrik PLN dan *generator set* sebagai cadangan. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik (AC) dengan pertimbangan:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan. Generator ini berfungsi untuk menyediakan listrik bagi bahan-bahan yang tidak boleh berubah-ubah tenaganya. Generator yang digunakan arus bolak-balik (AC) sistem 3 phase. Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

1. Listrik untuk keperluan alat proses
2. Kebutuhan listrik untuk peralatan utilitas
3. Listrik untuk kantor

4. Alat control

Kebutuhan listrik untuk alat proses:

1. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Tabel 4.20. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	3	2237,1
Pompa-02	P-02	3	2237,1
Pompa-03	P-03	1	745,7
Pompa-04	P-04	1	745,7
Kompressor-01	K-01	545	406406,5
Blower-01	B-01	69,94	52153,14
Total		622,9385	464525,2395

Power yang dibutuhkan = 464525,2395 Watt

= 464,5252 kW

2. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Tabel 4.21. Kebutuhan Listrik untuk utilitas

Alat	Kode Alat	Jumlah Alat	Daya	
			Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	1	2,0	1491,4
Blower Cooling Tower and Chiller	BL-01	2	20,0	14914,0
Kompresor Udara	CP-01	2	6,0	4474,2
Pompa-01	PU-01	1	15,0	11185,5
Pompa-02	PU-02	1	15,0	11185,5
Pompa-03	PU-03	1	10,0	7457,0
Pompa-04	PU-04	1	10,0	7457,0
Pompa-05	PU-05	1	15,0	11185,5
Pompa-06	PU-06	1	10,0	7457,0
Pompa-07	PU-07	1	10,0	7457,0
Pompa-08	PU-08	1	10,0	7457,0
Pompa-09	PU-09	1	15,0	11185,5
Pompa-10	PU-10	1	0,1	37,3
Pompa-11	PU-11	1	0,8	559,3

Alat	Kode Alat	Jumlah Alat	Daya	
			Hp	Watt
Pompa-12	PU-12	1	0,5	372,9
Pompa-13	PU-13	1	0,5	372,9
Pompa-14	PU-14	1	0,5	372,9
Pompa-15	PU-15	1	2,0	1491,4
Pompa-16	PU-16	1	2,0	1491,4
Pompa-17	PU-17	1	0,8	559,3
Pompa-18	PU-18	1	10,0	7457,0
Pompa-19	PU-19	1	10,0	7457,0
Pompa-20	PU-20	1	0,8	559,3
Pompa-21	PU-21	1	125,0	93212,5
Pompa-22	PU-22	1	0,8	559,3
Total			291,6	217408,8

$$\begin{aligned} \text{Power yang dibutuhkan} &= 217408,8 \text{ Watt} \\ &= 217,4088 \text{ Kw} \end{aligned}$$

- a. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC
 - Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sebesar 20 kW
 - Listrik yang digunakan sebagai penerangan diperkirakan sebesar 150 kW.
- b. Kebutuhan Listrik untuk Bengkel dan Laboraturium
 - Diperkirakan listrik untuk bengkel dan laboraturium sekitar 100kW
- c. Kebutuhan Listrik untuk Instrumentasi
 - Diperkirakan listrik untuk instrumentasi sekitar 30 kW

3. Rincian Kebutuhan Listrik

Tabel 4.22. Rincian kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	464,5252
	b. Utilitas	217,4088
2	a. Listrik Ac	20
	b. Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	15
4	Instrumentasi	30
total		896,9341

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 896,9341 kW. Dengan mengambil faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 1121,1671 kW. Kebutuhan listrik untuk pabrik vinyl chloride monomer ini dapat dipenuhi oleh PLN dan generator sebagai cadangannya.

4.7.7. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *furnace*. Pada perancangan ini digunakan bahan bakar jenis solar untuk generator sedangkan untuk *furnace* digunakan bahan bakar jenis *fuel oil*. Untuk menjalankan generator digunakan bahan bakar:

- Tipe bahan : *Natural Gas*
- *Heating value* : 22199,5879 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar : 75%
- Sg solar : 0,6

Kebutuhan bahan bakar untuk *furnace* diperoleh sebesar 48.260.184 kJ/jam.

Tabel 4.23. Perbandingan Pemilihan Bahan Bakar

Pembanding	LNG	LPG
Kandungan	Didominasi oleh <i>methane</i>	<i>Propane</i> dan <i>butane</i>
<i>Heating Value</i>	42-55 MJ/kg	46-51 MJ/kg
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Natural gas</i> lebih ringan dari LPG lebih mudah ditangani bila ada kebocoran • O₂ yang dibutuhkan pada proses pembakaran lebih sedikit (10:1) dibanding LPG (25:1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghasilkan energi lebih besar (2,516 BTUs) dibanding LNG (1,030 BTUs)
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Dari segi penyimpanan, dan transportasi memakan biaya lebih mahal 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembakaran LPG menghasilkan volume lebih sedikit per jamnya
Penyimpanan	Tangki <i>cryogenic</i> (-120°C sampai -170°C)	Tangki silinder

Bedasarkan kelebihan dan kekurangan yang ada di tabel, bahan bakar akan dipenuhi oleh LNG karena pembakarannya lebih cepat, dan membutuhkan O₂ yang lebih sedikit.

4.7.8. Unit Laboratorium

Bagian laboratorium memegang peranan penting dalam suatu pabrik, karena dari laboratorium ini data-data tentang *raw material* dan produk akan diperoleh. Dengan data-data yang diberikan maka proses produksi akan selalu dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu juga dapat digunakan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dari Unit Pengolahan Limbah. Tugas pokok laboratorium adalah sebagai berikut:

1. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dalam pemenuhan persyaratan yang dikenakan atau tidak .
2. Sebagai pengontrol kualitas produk dalam pemenuhan standar yang berlaku.
3. Melakukan control dan analisa terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair maupun limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
4. Melakukan analisa dan control terhadap mutu air, air pendingin, air umpan *boiler* dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang proses produksi dan menjaga mutu produk, sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan dari limbah, baik limbah padat, gas maupun limbah cair.

4.7.9. Unit Pengolahan Limbah dan Limbah B3

Limbah yang dihasilkan pada pabrik *Vinyl Chloride Monomer* ini terdiri atas tiga jenis, yakni limbah padat, gas, dan cair.

1. Limbah padat

Limbah padat berupa limbah domestik seperti kertas, plastik dan sampah ditampung didalam bak penampungan untuk selanjutnya dikirim ke tempat pembuangan akhir.

2. Limbah cair

Limbah cair pada perancangan pabrik VCM ini secara garis besar berasal dari limbah proses dan limbah rumah tangga.

- Unit Pengolahan Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di

kawasan pabrik dan limbah proses dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan desinfektan Ca-hipoklorit.

- Air Berminyak dari Mesin Proses

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat lain. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas dialirkan ke penampungan minyak dan pengolahannya dilakukan dengan pembakaran didalam tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke unit pengolahan menggunakan lumpur aktif sebelum dibuang ke lingkungan.

- Limbah *blowdown Ethylene Dichloride*

Limbah yang tidak dapat diolah sendiri akan dikirimkan ke Perusahaan Pengolahan Limbah dari pemerintah.

3. Limbah Gas

Sistem koleksi gas buang bertujuan untuk mengumpulkan semua gas buang yang mengandung VCM, HCl, klorin maupun *chlorinatedorganic* dan mengirimkannya ke *atmospheric vent scrubber*. *Atmospheric vent scrubber* dioperasikan untuk menghilangkan HCl dari aliran gas buang sebelum dibuang ke atmosfer dengan memanfaatkan air laut dan larutan NaOH.

4.8. Organisasi Perusahaan

4.8.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham 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. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

Bentuk perusahaan-perusahaan besar, rata-rata menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Bentuk Perusahaan PT memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum.

Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengelola perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka ijin diberikan. Dengan ijin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengelolaan intern perusahaan.

- Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham).

Hal ini bermaksud bahwa perusahaan ini didirikan bukan dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang terpisah. Kepemilikannya dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruhi olehnya.

- Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar.

Perseroan terbatas sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang kompleks. Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

- Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf, serta karyawan perusahaan.
- Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.

4.8.2. Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

1. Pemegang saham
2. Direktur Utama
3. Direktur

4. Staff Ahli
5. Kepala Bagian
6. Kepala Seksi
7. Karyawan dan Operator

Untuk menjalankan segala aktifitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem *line* dan *staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri

atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

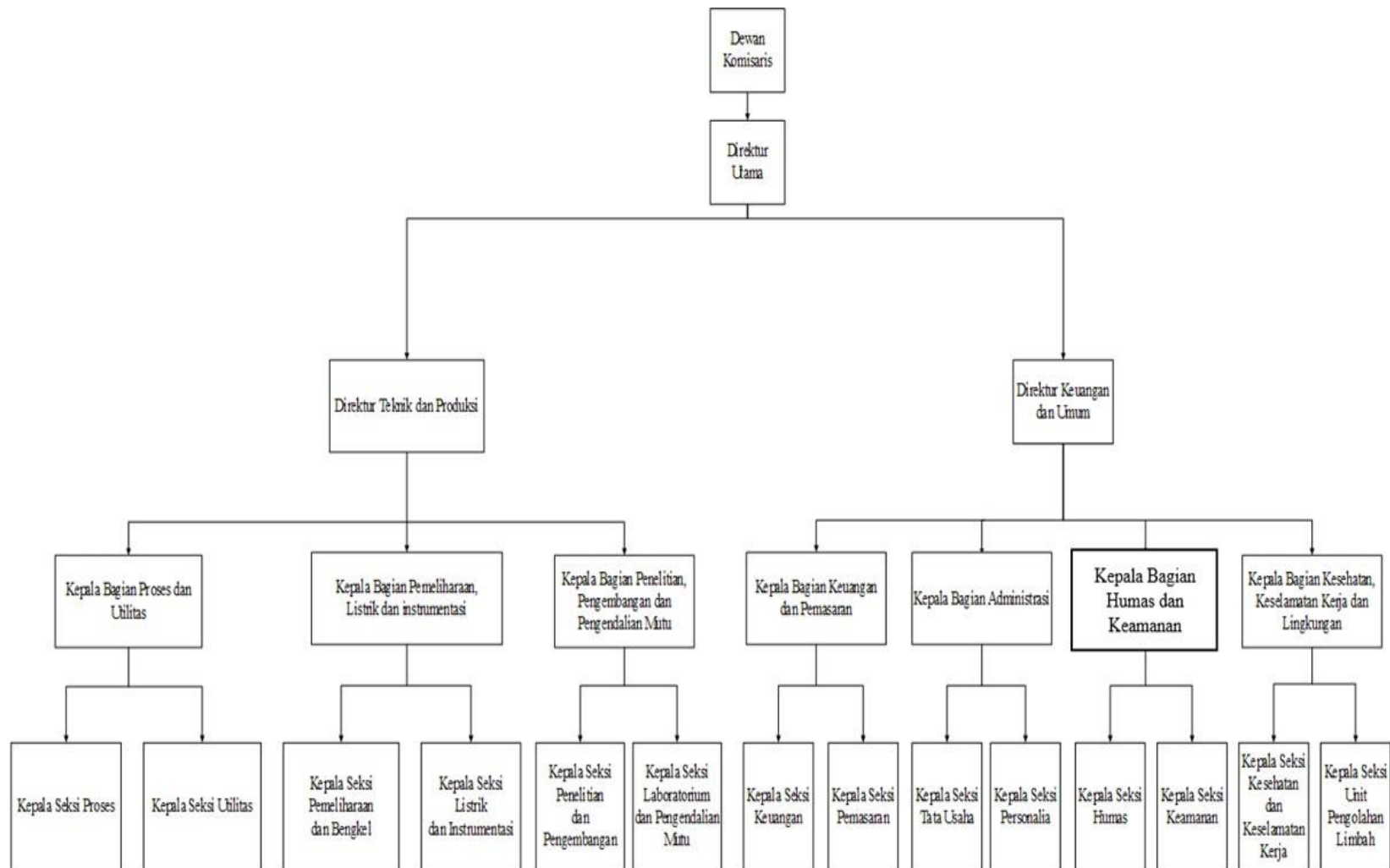
Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Manajer Produksi serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Produksi membawahi bidang produksi, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membidangi yang lainnya. Manajer membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian daripada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli dibidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancer.



Gambar 4.7. Struktur Organisasi

4.9. Tugas dan Wewenang

4.9.1. 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.

4.9.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

4.9.3. 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 kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama direktur

produksi dan teknik, serta direktur administrasi, keuangan dan umum. Tugas Direktur Utama antara lain:

1. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham di akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerjasama dengan direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

4.9.4. 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. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas
Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses serta penyediaan bahan baku dan utilitas.
2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
3. Kepala Bagian Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.\

4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran
Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
5. Kepala Bagian Administrasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha dan personalia.
6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.
7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan
Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.9.5. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala Seksi Proses
Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi. Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.
2. Kepala Seksi Utilitas
Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel
Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.
4. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.
5. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan
Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
6. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
7. Kepala Seksi Keuangan
Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
8. Kepala Seksi Pemasaran
Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
9. Kepala Seksi Tata Usaha
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.
10. Kepala Seksi Personalia
Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
11. Kepala Seksi Humas
Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

12. Kepala Seksi Keamanan

Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

13. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

14. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.10. Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

- Karyawan Tetap

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

- Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

- Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.11. Pembagian Jam Kerja Kayawan

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam dalam satu hari. Pembagian jam kerja dibagi dalam dua golongan, yaitu karyawan shift dan non shift dengan jumlah jam kerja 40 jam tiap minggu.

- Karyawan *non-shift*

Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung (Seksi Proses Produksi, dan Seksi Utilitas).

- Hari Senin s.d Kamis

Masuk : pukul 07.30 WIB

Istirahat : pukul 12.00 - 13.00 WIB

Keluar : pukul 16.30 WIB

- Hari Jumat

Masuk : pukul 07.30 WIB

Istirahat : pukul 11.00 - 13.00 WIB

Keluar : pukul 16.30 WIB

- Karyawan *shift*

Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* (VCM) akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur dan diberlakukan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 6 hari kerja dan 2 hari libur untuk tiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* sebagai berikut:

Shift pagi : pukul 07.00-15.00 WIB

Shift siang : pukul 15.00-23.00 WIB

Shift malam : pukul 23.00-07.00 WIB

Untuk Jadwal kerja setiap regu dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.24. Jadwal kerja setiap regu

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

REGU	HARI														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan : 1,2,3, dst : Hari ke-

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

■ : Libur

4.12. Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

a) Jumlah Pekerja

Tabel 4.25. Jumlah Pekerja

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	1
5	Ka. Bag. Produksi	1
6	Ka. Bag. Teknik	1
7	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1
8	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1
9	Ka. Bag. Litbang	1
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1
11	Ka. Bag. K3	1
12	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1
13	Ka. Sek. Utilitas	1
14	Ka. Sek. Proses	1
15	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1
16	Ka. Sek. Pemeliharaan	1
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1
18	Ka. Sek. Laboratorium	1
19	Ka. Sek. Keuangan	1
20	Ka. Sek. Pemasaran	1
21	Ka. Sek. Personalia	1
22	Ka. Sek. Humas	1
23	Ka. Sek. Keamanan	1
24	Ka. Sek. K3	1
25	Karyawan Personalia	7
26	Karyawan Humas	7
27	Karyawan Litbang	7
28	Karyawan Pembelian	7
29	Karyawan Pemasaran	7
30	Karyawan Administrasi	7
31	Karyawan Kas/Anggaran	7
32	Karyawan Proses	20
33	Karyawan Pengendalian	9

No	Jabatan	Jumlah
34	Karyawan Laboratorium	9
35	Karyawan Pemeliharaan	20
36	Karyawan Utilitas	15
37	Karyawan K3	7
39	Operator proses	48
40	Sekretaris	7
41	Dokter	6
42	Perawat	15
43	Satpam	15
44	Supir	12
45	Cleaning Service	13
Total		269

b) Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4.26. Penggolongan Jabatan

Jabatan	Penggolongan
Direktur Utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Supir	SLTA
<i>Cleaning Service</i>	SLTA
Satpam	SLTA

c) Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

Tabel 4.27. Perincian Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 20.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 20.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp 10.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 10.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 10.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 10.000.000
8	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1	Rp 10.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	1	Rp 10.000.000
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	Rp 10.000.000
11	Ka. Bag. K3	1	Rp 10.000.000
12	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	Rp 10.000.000
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 10.000.000
14	Ka. Sek. Proses	1	Rp 10.000.000
15	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	Rp 10.000.000
16	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 10.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp	10.000.000
18	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp	10.000.000
19	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp	10.000.000
20	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp	10.000.000
21	Ka. Sek. Personalia	1	Rp	10.000.000
22	Ka. Sek. Humas	1	Rp	10.000.000
23	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp	10.000.000
24	Ka. Sek. K3	1	Rp	10.000.000
25	Karyawan Personalia	7	Rp	10.000.000
26	Karyawan Humas	7	Rp	10.000.000
27	Karyawan Litbang	7	Rp	10.000.000
28	Karyawan Pembelian	7	Rp	10.000.000
29	Karyawan Pemasaran	7	Rp	10.000.000
30	Karyawan Administrasi	7	Rp	8.000.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	7	Rp	10.000.000
32	Karyawan Proses	20	Rp	5.000.000
33	Karyawan Pengendalian	9	Rp	5.000.000
34	Karyawan Laboratorium	9	Rp	5.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	20	Rp	5.000.000
36	Karyawan Utilitas	15	Rp	8.000.000
37	Karyawan K3	7	Rp	7.000.000
39	Operator proses	48	Rp	6.500.000
40	Sekretaris	7	Rp	8.000.000
41	Dokter	6	Rp	8.000.000
42	Perawat	15	Rp	5.000.000
43	Satpam	15	Rp	3.000.000
44	Supir	12	Rp	3.500.000
45	Cleaning Service	13	Rp	3.000.000
Total		269	Rp	425.000.000

4.13. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

- Tunjangan
 - a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

- b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- Cuti
 - a) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
 - b) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.
- Pengobatan
 - a) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku.
 - b) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.
- Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

 - a) Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
 - b) Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
 - c) Sarana peribadatan seperti masjid.

- d) Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti *masker*, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- e) Fasilitas kesehatan seperti tersediany poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

4.14. Kesehatan dan Keselamatan kerja (K3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan faktor yang penting dalam perusahaan yang mempunyai tugas mengatur proses dan pelaku proses agar dapat berjalan dengan aman, dan dapat mengurangi resiko kecelakaan yang dapat terjadi di wilayah operasional pabrik. Keselamatan kerja meliputi mesin, alat kerja, bahan yang digunakan dalam proses produksi, pengolahan tempat kerja dan lingkungannya yang menyangkut segenap proses produksi atau distribusi dari barang dan jasa.

Tujuan dari K3 yaitu mencegah dan meminimalisasi kerugian yang diakibatkan kebakaran, kerusakan lingkungan serta bahaya lainnya. Sedangkan yang dimaksud kecelakaan (cedera/cacat, mati) yang menimpa karyawan yang berkaitan dengan pekerjaannya, mulai dari rumah sampai tempat kerja dan sebaliknya.

1. Lingkungan Fisik

- a. Lingkungan fisik pada pabrik VCM meliputi mesin peralatan kerja dan bahan baku. Pengaturan letak mesin dan alat dengan sedemikian rupa sehingga pekerja dapat melakukan pekerjaan dengan leluasa dan aman.
- b. Perancangan mesin dan peralatan pabrik dengan memperhatikan faktor keamanan.
- c. Mutu bahan dan peralatan yang dibeli terjamin kualitasnya.

2. Lingkungan Kerja

- a. Penempatan mesin yang teratur, sehingga jarak antar mesin cukup lebar.
- b. Halaman pabrik yang bersih
- c. Penerangan yang cukup pada lingkungan pabrik.
- d. Penempatan bahan atau sampah tak terpakai pada tempatnya.
- e. Pemasangan system alarm dan tanda bahaya seperti *fire detector* dan instrumennya.
- f. Lingkungan pabrik yang dilengkapi dengan ventilasi udara yang cukup dan diberi kipas penghisap (*exhaust*) untuk menjaga sirkulasi udara.

4.15. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2019 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1991 sampai 2019, dicari dengan persamaan regresi linier.

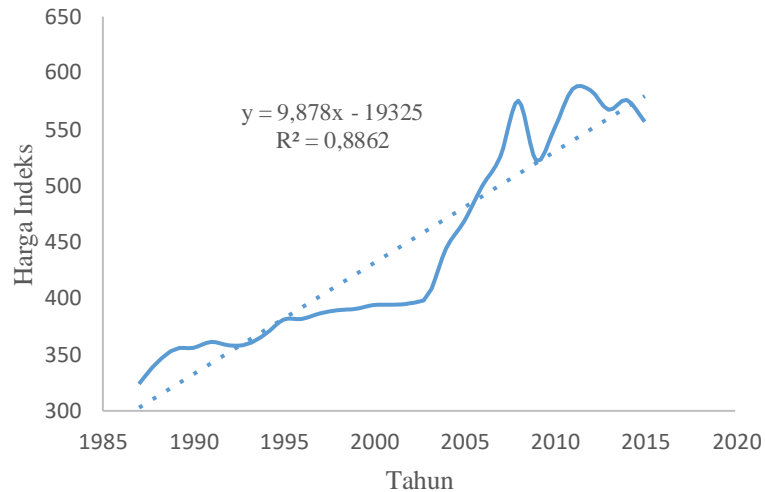
Tabel 4.28. Harga Indeks

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8

(Sources : www.chemengonline.com/pci)

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 9,878x - 19325$ Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* dari *Ethylene Dichloride* kapasitas 150.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2026. Dari persamaan

regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 687,828 Grafik plotting data dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.8. Grafik Tahun vs Harga Indeks

Harga alat pada pabrik *Vinyl Chloride Monomer* diperoleh dari situs matches (www.matche.com) dan buku karangan Peters dan Timmerhaus, serta dari beberapa referensi lainnya. Perhitungan alat pada tahun 2026 saat pabrik didirikan diperoleh dengan rumus berikut :

$$Ex = \left(\frac{N_x}{N_y} \right) Ey \text{ (Aries dan Newton)}$$

Keterangan :

Ex : Harga pembelian alat pada tahun 2024

Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2024

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi = 15.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Tahun pendirian pabrik = 2026

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp. 14.267

4.16. Perhitungan Biaya

4.16.1. Capital Investment

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu:

a. Fixed Capital Investment

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. Working Capital Investment

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiriya itu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri

investasi yang baik adalah:

- Investasi cepat kembali
- Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

4.16.2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

a) *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b) *Indirect Cost*

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

c) *Fixed Cost*

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

4.16.3. *General expenses*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

a. Administrasi

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah management salaries, legal fees and auditing, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi

diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

b. *Sales*

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.

c. Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi kedepan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

4.17. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi, Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4.17.1. Percent Return On Investment (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

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

4.17.2. Pay Out Time (POT)

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

4.17.3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan :

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP

$$BEP = \frac{Fa + 0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7 Ra} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum.

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum.

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.17.4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) merupakan:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
4. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7 Ra} \times 100\%$$

4.17.5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.
4. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR.

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=1}^N \frac{1}{(1 + i)^n} = K = 1 (1 + i)^N + WC + SV$$

Keterangan :

FC : Fixed capital

WC : Working capital

SV : Salvage value

C : Cash flow (profit after taxes + depresiasi + finance)

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.18. Hasil Perhitungan

Tabel 4.29. *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp 1.882.482.522.959	\$ 131.946.627
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 470.620.630.740	\$ 32.986.657
3	Instalasi cost	Rp 181.471.315.213	\$ 12.719.655
4	Pemipaan	Rp 1.023.411.623.607	\$ 71.732.784
5	Instrumentasi	Rp 468.173.403.460	\$ 32.815.126
6	Insulasi	Rp 70.122.473.980	\$ 4.915.012
7	Listrik	Rp 282.372.378.444	\$ 19.791.994
8	Bangunan	Rp 50.505.000.000	\$ 3.539.987
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 44.415.000.000	\$ 3.113.128
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 4.473.574.348.402	\$ 313.560.969

Tabel 4.30. *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 894.714.869.680	\$ 62.712.194
Total (DPC + PPC)		Rp 5.368.289.218.083	\$ 376.273.163

Tabel 4.31. *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 5.368.289.218.083	\$ 376.273.163
2	Kontraktor	Rp 214.731.568.723	\$ 15.050.927
3	Biaya tak terduga	Rp 1.342.072.304.521	\$ 94.068.291
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 6.925.093.091.326	\$ 485.392.380

4. Penentuan *Production Cost (TPC)*

Tabel 4.32. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 110.173.995.628.903	\$ 7.722.295.902
2	<i>Labor</i>	Rp 1.837.000.000	\$ 128.759
3	<i>Supervision</i>	Rp 459.250.000	\$ 32.190
4	<i>Maintenance</i>	Rp 277.003.723.653	\$ 19.415.695
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 41.550.558.548	\$ 2.912.354
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 1.408.152.897.071	\$ 98.700.000
7	<i>Utilities</i>	Rp 2.347.294.007.139	\$ 164.526.110
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp 114.250.293.065.315	\$ 8.008.011.009

Tabel 4.33. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 275.550.000	\$ 19.314
2	<i>Laboratory</i>	Rp 183.700.000	\$ 12.876
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 918.500.000	\$ 64.379
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 7.040.764.485.355	\$ 493.499.999
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 7.042.142.235.355	\$ 493.596.568

Tabel 4.34. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 692.509.309.133	\$ 48.539.238
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 138.501.861.827	\$ 9.707.848
3	<i>Insurance</i>	Rp 69.250.930.913	\$ 4.853.924
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 900.262.101.872	\$ 63.101.009

Tabel 4.35. *Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 114.250.293.065.315	\$ 8.008.011.009
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 7.042.142.235.355	\$ 493.596.568
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 900.262.101.872	\$ 63.101.009
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp 122.192.697.402.542	\$ 8.564.708.586

Tabel 4.36. *Working Capital (WC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 10.015.817.784.446	\$ 702.026.900
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 5.554.213.518.297	\$ 389.304.936
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 11.108.427.036.595	\$ 778.609.871
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 12.801.389.973.373	\$ 897.272.725
5	<i>Available Cash</i>	Rp 11.108.427.036.595	\$ 778.609.871
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp 50.588.275.349.306	\$ 3.545.824.304

Tabel 4.37. *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 3.665.780.922.076	\$ 256.941.258
2	<i>Sales expense</i>	Rp 6.109.634.870.127	\$ 428.235.429
3	<i>Research</i>	Rp 3.054.817.435.064	\$ 214.117.715
4	<i>Finance</i>	Rp 1.150.267.368.813	\$ 80.624.334
<i>General Expense (GE)</i>		Rp 13.980.500.596.080	\$ 979.918.735

Tabel 4.38. *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 494.017.973.174	\$ 34.626.619
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp 13.980.500.596.080	\$ 979.918.735
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp 14.474.518.569.254	\$ 1.014.545.354

Tabel 4.39. *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 6.925.093.091.326	\$ 485.392.380
2	<i>Property taxes</i>	Rp 138.501.861.827	\$ 9.707.848
3	<i>Insurance</i>	Rp 69.250.930.913	\$ 4.853.924
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp 7.132.845.884.066	\$ 499.954.152

Tabel 4.40. *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 110.173.995.628.903	\$ 7.722.295.902
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 7.040.764.485.355	\$ 493.499.999
3	<i>Utilities</i>	Rp 2.347.294.007.139	\$ 164.526.110
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 1.408.152.897.071	\$ 98.700.000
<i>Variable Cost (Va)</i>		Rp 120.970.207.018.469	\$ 8.479.022.010

Tabel 4.41. *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 1.837.000.000	\$ 128.759
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 918.500.000	\$ 64.379
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 275.550.000	\$ 19.314
4	<i>Supervision</i>	Rp 459.250.000	\$ 32.190
5	<i>Laboratory</i>	Rp 183.700.000	\$ 12.876
6	<i>Administration</i>	Rp 3.665.780.922.076	\$ 256.941.258
7	<i>Finance</i>	Rp 1.150.267.368.813	\$ 80.624.334
8	<i>Sales expense</i>	Rp 6.109.634.870.127	\$ 428.235.429
9	<i>Research</i>	Rp 2.443.853.948.051	\$ 171.294.172
10	<i>Maintenance</i>	Rp 277.003.723.653	\$ 19.415.695
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 41.550.558.548	\$ 2.912.354
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		Rp 13.691.765.391.268	\$ 959.680.759

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capotal}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 67 %

ROI setelah pajak = 50 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44%. (Aries and Newton, 1955).

2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 1.31 tahun

POT setelah pajak = 1.66 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 2 tahun (Aries dan Newton, P.196)

3. Break Even Point (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{Fa + 0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7 Ra} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 52,1 \%$$

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% –60%

4. Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{0.3 Ra}{Sa - Va - 0.7 Ra} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 43,64 \%$$

5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

$$(\text{FC} + \text{WC})(1 + i)^N = C \sum_{t=0}^{N-1} \frac{1}{(1 + i)^t} + \text{WC} + \text{SV}$$

$T_a = j$

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 6.925.093.091.326

Working Capital = Rp 50.588.275.349.306

Salvage Value (SV) = Rp 83.101.117.095.917

Cash flow (CF) = *Annual profit* + *depresiasi* + *finance*

= Rp 87.732.953.246.092

Dengan *trial & error* diperoleh nilai i : 0,211850711

DCFR : 21,19 %

Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank : 5.25 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat

Suku bunga pinjaman tahun 2021 adalah 3,5 % (Bank Indonesia, 2021)

: $1,5 \times 3,5 \% = 5,25\%$

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini adalah 3,5 %)

4.19. Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 140.815.289.707.104

Total biaya produksi : Rp 136.173.197.998.622

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 4.642.091.708.462

b. Keuntungan Sesudah Pajak

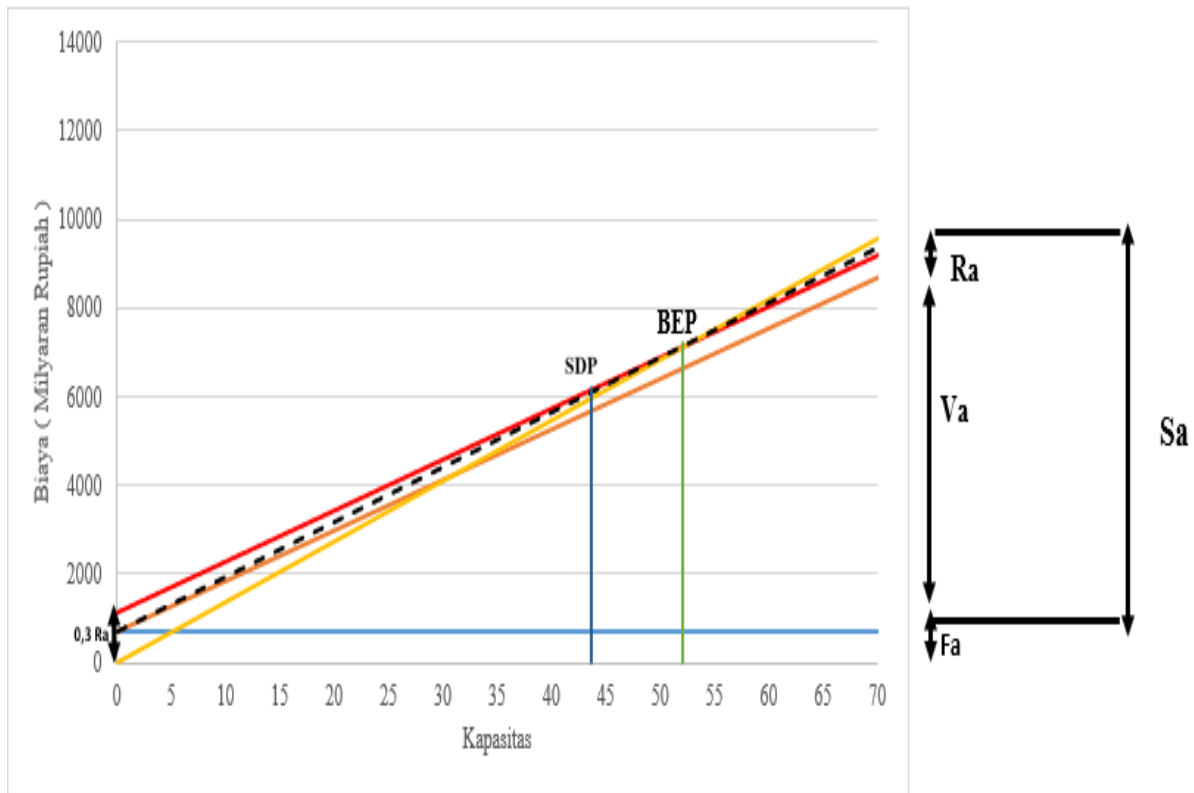
Pajak : $25 \% \times \text{Rp } 4.642.091.708.462$

: Rp 1.160.522.927.121

(<https://klikpajak.id/>)

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 3.481.568.781.362



Gambar 4.9. Grafik Analisa Kelayakan

Keterangan :

$F_a = \text{Annual Fixed Cost}$

$V_a = \text{Annual Variable Cost}$

$R_a = \text{Annual Regulated Cost}$

$S_a = \text{Annual Sales Cost}$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pabrik *vinyl chloride monomer* dengan bahan baku *ethylene dichloride* termasuk jenis pabrik yang memiliki resiko tinggi (*high risk*) karena dijalankan pada variable suhu dan tekanan yang tinggi, dengan bahan baku yang mudah terbakar (*flammable*).

Berdasarkan hasil analisis perhitungan ekonomi dan beberapa persyaratan kelayakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik VCM dengan kapasitas 150.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Pabrik *Vinyl chloride monomer* berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah kawasan industri, Cilegon, Banten. dengan luas tanah keseluruhan 32.400 m² dan Jumlah karyawan 270 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 67 % dan setelah pajak 33 % dinilai cukup baik, karena memenuhi batas minimum Return on Investment kurang dari 44% untuk pabrik *high risk*.
4. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,31 / tahun dan setelah pajak 2,31 / tahun dinilai cukup baik, karena memenuhi batas maksimum POT < 2 tahun.
5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFRR) sebesar 21,19%.
6. Nilai *Break Event Point* (BEP) adalah 50,9 % dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 42,18 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40%-60% dan SDP < BEP.

Berdasarkan evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik *vinyl chloride monomer* dari *ethylene dichloride* dengan kapasitas 150.000 ton/tahun pada tahun 2026 memenuhi kriteria untuk dikaji lebih lanjut.

5.2. Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk VCM dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2021. Data Ekspor dan Impor *Vinyl Chloride Monomer*. Indonesia.
- Broughton Jack. 2014. *Process Utility Systems : Introduction to Design, operation and Maintenance*. IChemE, Australia.
- Brownell, L. E. dan Edwin H. Young. 1959. *Process Equipment Design : Vessel Design*. John Wiley & Sons, USA.
- Couper, J.R., W. Roy Penney, James R. Fair. 2012. *Chemical Process Equipment*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann, United Kingdom.
- Cowfer, J.A. dan Maximilian B. Gorenssek. 2006. *Kirk – Othmer Encyclopedia of Chemical Technology : Vinyl Chloride*. John Wiley and Sons Ltd, Inggris
- De Nora. 2015. *Seawater Electrochlorination Systems*. De Nora Water Technologies.
- Dimian, Alexandre C. dan Costin Sorin Bildea. 2008. *Chemical Process Design : Computer-Aided Case Studies*. Wiley – VCH GmbH & Co. KgaA, Inggris.
- Djing, Peter. 1960. *An Analysis of Industrial Location Factors with Particular Reference to Indonesia*. University of British Columbia.
- Engineers Edge. 2000. *Overall Heat Transfer Coefficient Table Chart Pipes and Tubes*.
- Fogler, H. Scott. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 3rd Ed. Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Foust, Alan S., Leonard A. Wenzel, Curtis W. Clump, Louis Maus, dan L. Bryce Andersen. 1980 *Principles of Unit Operations*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York.
- Hickey, Harry E. 2008. *Water Supply Systems and Evaluation Methods*, Vol 1: Water Supply System Concepts. FEMA, US.

- Hisham, Mohamed W.M. dan T.V. Bommaraju. 2014. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology : Hydrogen Chloride*. John Wiley & Sons. New York.
- IHS Markit. 2017. *Vinyl Chloride Monomer Chemical Economics Handbook*. Indonesia: Jakarta.
- Kementerian Perindustrian. 2013. Data Produksi Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* di Indonesia. Jakarta.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Education, London.
- Kidnay, A.J. dan Parrish, W. R. 2006. *Fundamental of Natural Gas Processing*. CRC Press, Florida.
- Kucera, Jane. Reverse Osmosis: *Industrial Processes and Applications*. John Wiley dan Sons Inc., New York.
- Mintzberg, Henry. 1979. *The Structuring of Organizations*. Canada: McHill University.
- Moran, Sean. 2017. *Process Plant Layout Second Edition*. Elsevier Inc, Amerika.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Perry, R.H. dan Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers's Handbook 8th Edition*. McGraw-Hill Education, Amerika
- Pincus, Leo I. 1962. *Practical Boiler Water Treatment : Including Air Conditioning Systems*. McGraw-Hill, Singapura.
- PT. Asahimas Chemical. 2009. *Material Safety Data Sheet Ethylene Dichloride*. Diakses pada 7 Juli 2021.
- PT. Sulfindo Adiusaha. 2017. Data Produksi Pabrik *Vinyl Chloride Monomer* di Indonesia. Diakses pada tanggal 7 Maret 2021.

Seader, J.D., Ernest J. Henley, D. Keith Roper. 2011. *Separation Process Principles : Chemical and Biochemical Operations*. 3rd ed. John Wiley dan Sons, USA.

Severn, h. William. 1964. *Steam, Air and Gas Power*. 5th Ed. John Wiley dan Sons Inc., New York. Sinnott

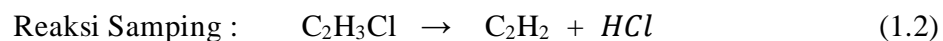
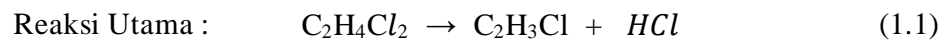
Treybal, Robert. E. 1980. *Mass-Transfer Operations*. 3rd ed. McGraw-Hill Book Co, Singapura.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis :	Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>
Fungsi :	Tempat berlangsungnya reaksi antara <i>Ethylene Dichloride</i> pada fase gas menjadi <i>Vinyl Chloride Monomer</i> pada fase gas
Kondisi Operasi :	Suhu : 480 °C Tekanan : 3 atm Reaksi : Endotermis
Konversi :	60%
Tujuan :	<ol style="list-style-type: none">1. Menentukan jenis reaktor2. Menghitung berat katalis3. Menghitung waktu tinggal dalam reaktor4. Menentukan dimensi reaktor

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:



1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor *fixed bed multitube* dengan pertimbangan sebagai (Hill, 1997) berikut:

- a. zat pereaksi berupa fasa 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. tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.

e. pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe *shell and tube*.

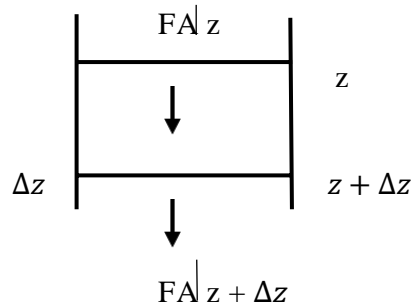
2. Persamaan – persamaan Matematis Reaktor

Neraca massa reaktor

Komponen	Input	Output
EDC	100492,159	40257,159
TCE	27,157	27,157
VCM	11,048	18923,524
HCl	-	33370,821
C ₂ H ₂	-	7951,703
Total	100530,364	100530,364

a. Persamaan neraca massa pada elemen volume

Penyusunan neraca massa dibuat pada elemen volume di sebuah pipa dalam reaktor. Dalam hal ini, disumsikan tidak ada distribusi komposisi dari arah radial, sehingga arah *axial* saja yang ditinjau (karena $L/D \gg$)



Rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

$$\begin{aligned}
 F_{A|z} - F_{A|z+\Delta z} - (-r_A)V &= 0 \\
 F_{A|z} - F_{A|z+\Delta z} - (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot \Delta Z \cdot Nt &= 0 \\
 F_{A|z} - F_{A|z+\Delta z} &= (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot \Delta Z \cdot Nt \\
 \frac{F_{A|z} - F_{A|z+\Delta z}}{\Delta Z} &= (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt \\
 \lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_{A|z} - F_{A|z+\Delta z}}{\Delta Z} &= (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt \\
 -\frac{dF_A}{dZ} &= (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$F_A = F_{A0} (1 - x)$$

$$dF_A = -F_{A0} \cdot dx$$

Sehingga diperoleh :

$$\frac{F_{A0} dx}{dZ} = (-r)_A \cdot \frac{\pi ID^2}{4} \cdot Nt \quad (1.1)$$

$$\frac{dx}{dZ} = (-r)_A \frac{\pi ID^2 \cdot Nt}{4 \cdot F_{A0}} \quad (1.2)$$

b. Persamaan neraca panas pada elemen volume

$$\frac{dx}{dV} = \frac{-r_A}{F_{A0}}$$

$$(1.3)$$

c. Neraca panas untuk pemanas

Pemanas yang dipakai adalah *steam* yang stabil pada suhu 450– 500 0C.

Sifat-sifat fisis *steam* (T dalam K).

$$C_p = 0,11152 + 3,402 \times 10^{-4} T, \text{ cal/g.K} \quad (1.4)$$

$$\text{Densitas pemanas } (\rho) = 1,3644 - 9,7073 \times 10^{-3} T, \text{ gr/cm}^3 \quad (1.5)$$

$$\text{Viskositas panas } (\mu) = 35,5898 - 6,04212 T, \text{ gr/cm.Jam} \quad (1.6)$$

$$\text{Konduktivitas Thermal } (k) = 1,512 - 0,0010387T, \text{ cal/gram.cm.K} \quad (1.7)$$

Pemanas : Steam

	K	C	F
T in	753	480	896
T out	673	400	752
delta T	713	440	824

$$C_p \text{ pemanas} = 0,371 \text{ Cal/gr.K}$$

$$0,669 \text{ Btu/lb.K}$$

$$1,555 \text{ J/gr.K}$$

Menghitung densitas pemanas pada T in:

$$\rho_p = 0,633 \text{ gr/cm}^3$$

Menghitung konduktivitas thermal pemanas pada T in:

$$K_{\text{pemanas}} = 0,729 \text{ Cal/cm.jam.K}$$

$$0,306 \text{ Kj/m.jam.K}$$

$$0,753 \text{ Btu/ft.jam.F}$$

Menghitung viskositas pemanas pada T in:

$$\mu_{\text{pemanas}} = 3,873 \text{ gr/cm.jam}$$

$$0,001 \text{ gr/cm.detik}$$

$$0,387 \text{ Kg/m.jam}$$

$$0,260 \text{ lb/ft.jam}$$

Menentukan pemanas yang dibutuhkan:

Pemanas yang dipakai adalah Steam = 285506,829 kg/jam.

Aliran pemanas dalam reaktor berlawanan dengan aliran gas.

3. Langkah Perancangan

a. Menentukan Bahan Konstruksi

Dalam perancangan digunakan bahan konstruksi *Stainless Steel SA 167* grade 3 tipe 304 dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Memiliki *allowable stress* cukup besar
- Mampu bertahan pada tekanan tinggi
- Harga relatif murah
- Bahan tahan korosi

b. BM rata rata Gas (BM_G)

$$BM_G = \sum_{i=1}^N Y_i \cdot BM_i$$

Dimana :

Y_i : fraksi mol komponen i

BM_i : BM komponen i

Didapatkan berat molekul rata rata gas = 99,00 kg/kmol

c. Z umpan masuk reactor

Berdasarkan Fig. 3.15 (Smith van Ness), untuk menentukan Z menggunakan koefisien dengan menggunakan persamaan 1.8 sampai 1.12.

$$B^n = \frac{BP_c}{RT_c} = B^\circ + \omega B^1 \quad (1.8)$$

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT} = 1 + B^n \frac{P_r}{T_r} \quad (1.9)$$

$$B^\circ = 0,083 - \frac{0,422}{T_r^{1,6}} \quad (1.10)$$

$$B^1 = 0,139 - \frac{0,172}{T_r^{4,2}} \quad (1.11)$$

$$Z = 1 + \left(\frac{BP_c}{RT_c} \right) \left(\frac{P_r}{T_r} \right) \quad (1.12)$$

Komponen	yi	Tr	Pr	Bo
EDC	0,4541	1,3422	0,0536	-0,1805
TCE	0,0001	1,3187	0,0619	-0,1881
HCl	0,4090	2,3194	0,0362	-0,0268
C2H2	0,1368	2,4423	0,0495	-0,0181
Total	1,0000	7,4227	0,2013	-0,4135

Komponen	B1	BPc/RTc	Pr/Tr	Z	Yi.Z
EDC	0,0890	-0,1549	0,0399	0,9938	0,4513
TCE	0,0852	-0,1696	0,0469	0,9920	0,0001
HCl	0,1340	-0,0091	0,0156	0,9999	0,4089
C2H2	0,1350	0,0071	0,0203	1,0001	0,1368
Total	0,4432	-0,3265	0,1228	3,9859	0,9972

Diperoleh Z umpan masuk reaktor = 0,9972

d. Menentukan Volume Gas Masuk Reaktor

$$Vg = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P}$$

Dimana :

Vg : Laju alir volumetrik (cm³/detik)

n : Mol umpan (mol/detik)

R : Konstanta gas (cm³.atm/gmol.K)

T : Temperatur (K)

P : Tekanan (atm)

Maka :

$$\begin{aligned} Vg &= 5792561,652 \text{ cm}^3/\text{detik} \\ &= 5,793 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

e. Menentukan Densitas Umpan

$$\rho = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T \cdot Z}$$

(1.13)

Didapatkan densitas gas campuran (ρ) = 0,0048 gr/cm³

f. Menentukan Viskositas Umpan

Viskositas fase gas dihitung dengan persamaan empiris :

$$\mu_{gas} = A + BT + CT^2, \text{ micropoise}$$

(1.14)

Berikut data konstanta untuk perhitungan viskositas :

Komponen	BM	A	B	C
EDC	99	1,025	3,18E-01	-4,19E-05
TCE	133,5	-23,621	4,22E-01	-6,89E-05
VCM	62,5	-6,067	3,90E-01	-8,40E-05

(*Chemical properties handbook*, Mc Graw-hill L.yaws)

Sehingga diperoleh $\mu_{gas} = 2,167E-05 \text{ Kg/s.m}$

g. Konduktivitas Umpan (k)

Menentukan konduktivitas campuran gas digunakan persamaan :

$$k_{gas} = A + BT + CT^2 \quad (1.15)$$

Berikut data konstanta untuk perhitungan konduktivitas :

Komponen	A	B	C
EDC	-0,00682	4,01E-05	3,19E-08
TCE	-0,00142	1,56E-05	3,37E-08
VCM	-0,00764	5,84E-05	2,41E-08

(*Chemical properties handbook*, Mc Graw-hill Carl L. yaws)

Sehingga diperoleh k campuran = 0,041 W/m.K

h. Kapasitas Panas

Kapasitas panas fase gas dihitung dengan menggunakan persamaan empiris

dari Yaws, 1999.

$$\int A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \quad (1.16)$$

Berikut data konstanta untuk perhitungan kapasitas panas :

Komponen	A	B	C	D	E
EDC	37,275	1,44E-01	1,04E-05	-7,83E-08	2,89E-11
TCE	28,881	2,49E-01	-1,76E-04	5,26E-08	-3,57E-12
VCM	17,193	1,46E-01	-6,43E-05	-3,24E-09	6,79E-12

(*Chemical properties handbook*, Mc Graw-hill Carl L. yaws)

Kapasitas panas campuran dihitung dengan persamaan :

$$Cp_{campuran} = \sum Xi \cdot Cp_i \quad (1.17)$$

Dimana xi adalah fraksi mol komponen I dan Cpi adalah kapasitas panas tiap mol komponen i.

Diperoleh Cp gas campuran = 127,150 Kjoule/Kmol.K

i. Menentukan Panas Reaksi

Panas reaksi dihitung dengan,

$$(-\Delta H_R^\circ) = (\sum \Delta H_f^\circ)_{produk} - (\sum \Delta H_f^\circ)_{reaktan} \quad (1.18)$$

$$(-\Delta H_R^\circ) = (-\Delta H_R^\circ) + \int_{T_{ref}}^T (\sum v_i C_{p,i}) . dT \quad (1.19)$$

Berikut data panas pembentukan pada fasa gas untuk beberapa komponen (Yaws, 1999).

Komponen	A	B	C	D	E
EDC	37,275	1,44E-01	1,04E-05	-7,83E-08	2,89E-11
TCE	28,881	2,49E-01	-1,76E-04	5,26E-08	-3,57E-12
VCM	17,193	1,46E-01	-6,43E-05	-3,24E-09	6,79E-12
HCl	29,244	-1,26E-03	1,12E-06	4,97E-09	-2,50E-12
C2H2	19,36	1,15E-01	-1,24E-04	7,24E-08	-1,66E-11

Perhitungan panas reaksi,

$$\Delta HR_{298} = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta HR_{298} = 413530 \text{ Kj/Kmol}$$

$$\Delta Hr = 135134,751 \text{ j/Kmol}$$

$$\Delta Hp = 72270,269 \text{ Kj/Kmol}$$

$$\Delta HR = \Delta HR_{298} + \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta HR = 15014,930 \text{ Kj/Kmol}$$

Jadi reaksi yang terjadi dalam proses pembuatan *vinyl chloride monomer* adalah reaksi endotermis.

j. Data sifat katalis

Jenis : CuCl₂

Ukuran : 10 mm

Density : 3,19 gr/cm³

Densitas Bulk : 720 Kg/m³

4. Menentukan spesifikasi *Shell and Tube*

- Pemilihan tempat katalisator (*tube*)
- Katalisator

Katalis yang dipakai adalah CuCl_2 dengan pertimbangan katalis yang sudah terbukti kemampuannya pada skala komersial dan selektivitasnya cukup tinggi. Dimensi katalis yang dipakai :

Diameter : 0,345 cm

Panjang : 0,35 cm

Densitas : 3,19 gr/cm^3

Porositas : 0,54

Densitas Bulk : 720 kg/m^3

Bila dinyatakan dalam diameter bola secara ekivalen yang mempunyai volume yang sama dengan silinder (partikel), maka :

$$V_s = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L = 0,034 \text{ cm}^3$$

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Pengaruh ratio D_p/D_T terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi katalisator dibanding dengan pipa kosong yaitu hw/h , telah diteliti oleh *Colburns* (Smith, 1981).

D_p/D_t	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
hw/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

Dipilih $D_p/D_t = 0,15$ karena memberikan nilai hw/h yang paling besar (transfer panas yang baik).

Dimana :

D_p : Diameter katalisator, cm

D_T : Diameter *tube*, inchi

hw : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h_i : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi kosong, $\text{cal/j.cm}^2\text{K}$

Sehingga :

$$D_p/D_T = 0,15$$

$$D_p = 0,345 \text{ cm}$$

$$D_t = \left(\frac{0,345}{0,15}\right) = 2,3 \text{ cm} = 0,9055 \text{ in}$$

a. Jenis dan ukuran tube

Dari hasil perhitungan, diambil ukuran pipa standart, (Kern Q. D, 1950).

$$\text{Ukuran pipa IPS} = 6 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 6,625 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 6,065 \text{ in}$$

$$\text{Flow area perpipa} = 28,9 \text{ in}^2$$

$$\text{Schedule number} = 40$$

Pipa tersusun secara *triangular pitch*

b. Menghitung mass velocity umpan (Gt)

$$\text{Asumsi Re} = 4500$$

$$G_t = \frac{Re \cdot \mu}{D_t} = 2278,811 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{jam}$$

c. Jumlah tube (Nt)

$$G \text{ (jumlah massa umpan gas)} = 100530,364 \text{ kg/jam}$$

Luas penampang total:

$$A_t = \frac{G}{G_t} = 44,115 \text{ m}^2$$

Luas penampang pipa :

$$A_o = \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot \varepsilon = 0,018 \text{ m}^2$$

Jumlah pipa maksimal :

$$N_{t_{max}} = \frac{A_t}{A_o} = 2368,047 \text{ buah}$$

Kecepatan volumetrik :

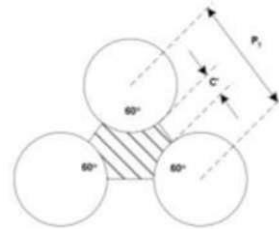
$$Q_v = \frac{G}{\rho g} = 20853221,950 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$At = \frac{Q_v}{V_{max}} = 79294,182 \text{ cm}^2$$

Jumlah pipa minimum :

$$Nt_{mi} = \frac{At}{A_o} = 409,537 \text{ buah}$$

Diambil jumlah *tube* sebanyak 420 *tube*



d. Lay Out pipa dalam reaktor

Susunan *tube* = *Triangular*

Pitch tube (Pt) = 1,25 x ODt = 8,281 in

Clearance (C') = Pt - ODt = 1,656 in

Luas penampang *shell* = luas pipa total

$$\frac{\pi ID_s^2}{4} = 2 \times Nt \times \text{Luas Segitiga}$$

(1.20)

$$\frac{\pi ID_s^2}{4} = 2 \times Nt \times (0,5 \cdot Pt^2 \cdot \sin 60)$$

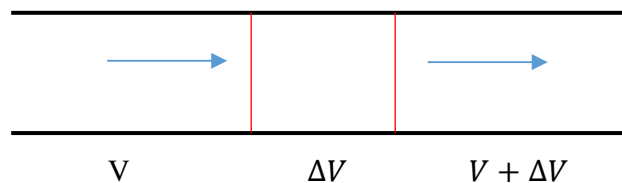
(1.21)

$$\text{Jadi, } ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Nt \cdot Pt^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

(1.21)

$$ID_s = 452,771 \text{ cm}$$

5. DESAIN REAKTOR



PENURUNAN PERSAMAAN DESAIN REAKTOR

In - Out + Reaction = Accumulation

Asumsi keadaan tunak (*steady state*), maka

In - Out + Reaction = 0

Ditinjau neraca massa (dalam laju alir mol) komponen A

$$F_A|_V - F_A|_{V+\Delta V} + r_A \Delta V = 0 \quad (1.22)$$

$$r_A = \frac{F_A|_{V+\Delta V} - F_A|_V}{\Delta V} \quad (1.23)$$

$$\lim_{\Delta V \rightarrow 0} r_A = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{F_A|_{V+\Delta V} - F_A|_V}{\Delta V} \quad (1.24)$$

Sehingga didapat persamaan desain reaktor adalah :

$$r_A = \frac{dF_A}{dV} \quad (1.25)$$

Keterangan :

F_A = laju alir mol (kmol/jam)

V = volume reaktor (m³)

r_A = laju reaksi terhadap A (kmol/m³/jam

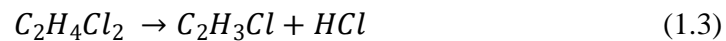
Persamaan desain reaktor diubah kedalam bentuk konversi

$$r_A = \frac{dF_A}{dV}$$

$$F_A = F_{A0}(1 - X) \quad (1.26)$$

$$r_A = -F_{A0} \frac{dX}{dV} \quad (1.27)$$

$$dV = -\frac{F_{A0}}{r_A} dX \quad (1.28)$$



merupakan reaksi orde satu, maka :

$$dV = \frac{F_{A0}}{kC_{A0}(1-X)} dX \quad (1.29)$$

$$\text{Dengan nilai } k = 13,6 \exp\left(\frac{-57}{0,0821 \times 753}\right)$$

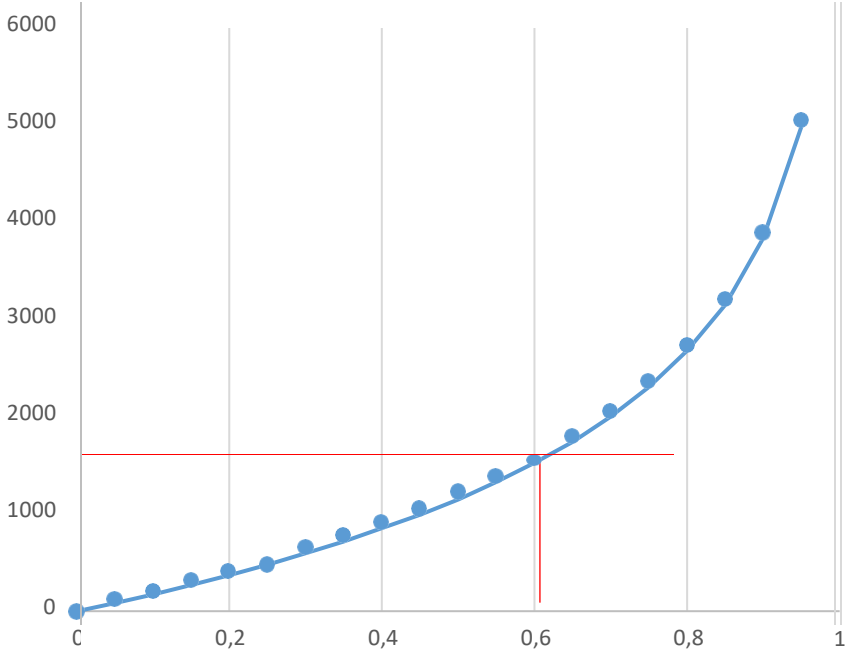
$$k = 19,472 \text{ kmol/m}^3/\text{jam}$$

(Dimian dan Bildea, 2008)

Sehingga didapat rumus untuk menghitung volume reaktor :

$$V = -\frac{F_{A0}}{kC_{A0}} \ln(1 - X) \quad (1.30)$$

Profil konversi terhadap volume



Gambar grafik profile konversi terhadap volume

Tabel konversi vs volume

X	V (m³)
0	0
0,05	85,41
0,1	175,45
0,15	270,63
0,2	371,58
0,25	479,05
0,3	593,94
0,35	717,35
0,4	850,64
0,45	995,53
0,5	1154,24
0,55	1329,69
0,6	1525,82
0,65	1748,18
0,7	2004,88
0,75	2308,48
0,8	2680,07
0,85	3159,12
0,9	3834,31
0,95	4988,55

6. Mechanical Design

1. Tube

Jenis pipa = *Stainless Steel SA 167*

Susunan pipa = *Triangular Pitch*

Ukuran pipa (**Kern, 1983**)

Diameter luar (OD) = 6 in

Diameter dalam (ID) = 6,065 in

Flow area per tube = 28,9 in²

Luas permukaan luar perpanjang pipa = 1,734 ft²/ft

Luas permukaan dalam perpanjang pipa = 1,590 ft²/ft

Faktor *design* = 20%

Panjang pipa = 590,55 in

Jarak antara 2 pusat pipa (PT) = 1,25 OD
= 8,281 in

Clearance (C = PT – OD) = 1,656 in

Jumlah pipa = 420 buah

2. *Shell*

- a. Tekanan *design* (*max overdesign* 20%)

P operasi = 3 atm

= 44,1 psi

P *design* = 52,92 psi

- b. Bahan konstruksi *shell*

Dipilih material : *Stainless Steel* SA 167 grade 11 tipe 316

- c. Tebal dinding *shell*

Tebal dinding *shell* dihitung dengan persamaan (Brownell, 1959) :

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

(1.31)

Dari tabel 13.1, Brownell, 1959 diperoleh :

Tekanan yang diijinkan (f) = 15100 psi

Efficiency pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi (c) = 0,125 in

Dengan IDs = 178,260 in

ts = 0,493 in

= 0,625 in (standar)

ODs = IDs + 2(Tebal Shell)

= 179,506 in

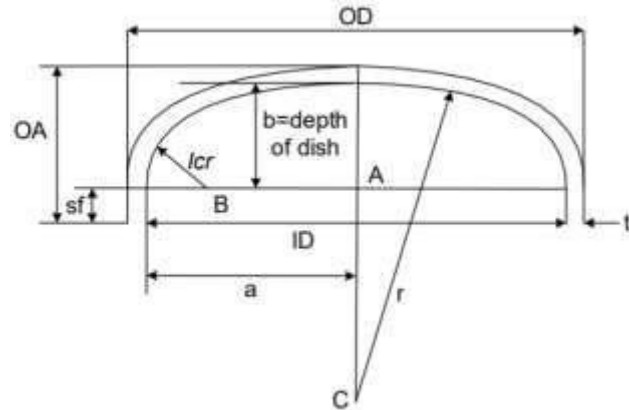
OD standar = 180 in

3. Menghitung *head* reaktor

a. Menghitung tebal *head* reaktor

Bentuk *head* : *Elipstical Dished Head*

Bahan yang digunakan: *Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304*



Keterangan gambar :

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari-jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari-jari luar *dish*

icr = jari-jari dalam sudut

b = tinggi *head*

sf = *straight flange*

OA = tinggi total *head*

Tebal *head* dihitung berdasarkan persamaan 13.10 (Brownell and Young, 1959).

$$t_h = \frac{P \cdot ID_s}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C = 0,125 \text{ in}$$

Dipilih tebal *head* standar = 0,25 in

b. Menghitung tinggi *head* reaktor

$$\text{ODs} = 179,506 \text{ in}$$

$$t_s = 0,25 \text{ in}$$

$$\text{didapat : irc} = 11 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$$a = \text{IDs}/2 = 89,128 \text{ in}$$

$$\text{AB} = a - \text{irc} = 78,128 \text{ in}$$

$$\text{BC} = r - \text{irc} = 159 \text{ in}$$

$$\text{AC} = (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{1/2} = 138,481 \text{ in}$$

$$b = r - \text{AC} = 31,519 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell didapatkan $sf = 1,5 - 2,5 \text{ in}$ dan dipilih $sf = 2,5 \text{ in}$.

Tinggi *head* reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} hH &= th + b + sf = 34,269 \text{ in} \\ &= 0,870 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Menghitung tinggi reaktor

Tinggi reaktor total = panjang *shell* + tinggi *head* top

$$\text{HR} = 624,820 \text{ in}$$

$$= 15,870 \text{ m}$$

5. Menghitung Volume reaktor

a. Volume *head* (V_h)

$$V = 0,000049 \times \text{IDs}^3$$

$$= 0,009 \text{ in}^3$$

b. Volume *shell* (V_s)

$$V = (3,14/4) \times \text{IDs}^2 \times Z$$

$$= 14730482,930 \text{ in}^3$$

c. Volume reaktor (V_r)

$$V = \text{Volume head} + \text{Volume shell}$$

$$= 14730482,940 \text{ in}^3$$

6. Spesifikasi nozzle

- a. Diameter saluran gas umpan

$$D_{opt} = 293 G^{0,53} \rho^{-37} \quad (1.32)$$

$$\begin{aligned} \text{D optimum} &= 956,068 \text{ mm} \\ &= 37,640 \text{ in} \end{aligned}$$

- b. Diameter saluran gas keluar reaktor

$$D_{opt} = 293 G^{0,53} \rho^{-37} \quad (1.33)$$

$$\begin{aligned} \text{D optimum} &= 956,068 \text{ mm} \\ &= 37,640 \text{ in} \end{aligned}$$

- c. Diameter pendingin masuk

$$\rho_p = 1.3644 - (97073 \times 10^{-4} T_{in}) \quad (1.34)$$

$$\rho_p = 633,440 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{D optimum} &= 157,258 \text{ mm} \\ &= 6,191 \text{ in} \end{aligned}$$

- d. Diameter pendingin keluar

$$\rho_p = 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{out})$$

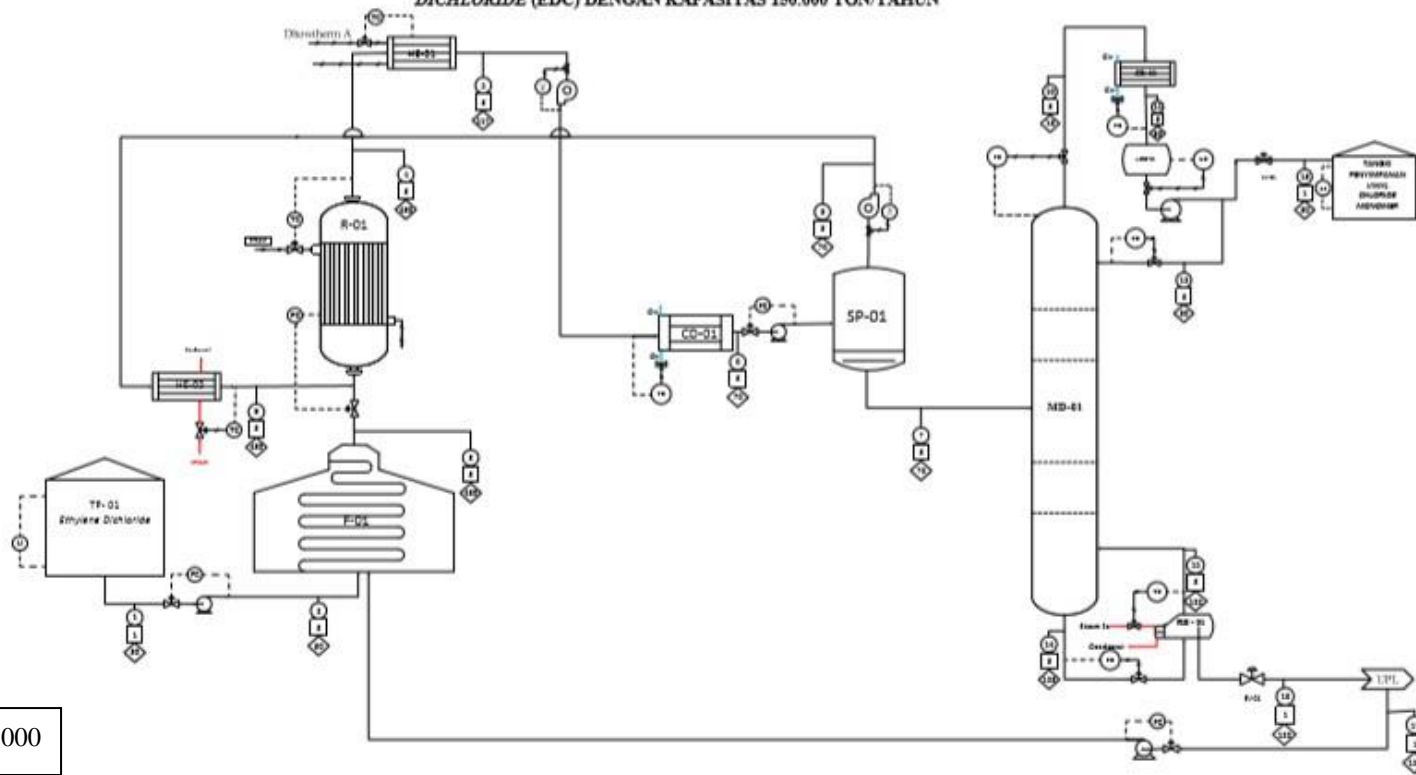
$$\rho_p = 633,4403 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 293 G^{0,53} \rho^{-37}$$

$$\begin{aligned} \text{D optimum} &= 157,258 \text{ mm} \\ &= 6,1 \end{aligned}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER (VCM) DARI ETHYLENE DICHLORIDE (EDC) DENGAN KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN



Skala 1 : 1000

Komponen	Arah (Kiri ke Kanan)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EDC	100492,16	100492,16	100492,16	40257,32	40257,32	40257,32	0	0	40257,32	40257,32	40257,32	175833,36	40257,32	3208457,09,18	40257,32	40257,32	40257,32
TCL	27,18	27,18	27,18	27,18	27,18	27,18	27,18	0	0	0,00	0,00	0,00	1,80,00	27,18	3999453,57	27,18	27,18
VCM	0	0	11,85	18023,52	18023,52	18023,52	18023,52	0	0	18044,00	18044,00	18044,00	8259846,20	18,00	20158526,20	18,00	11,85
HCl	0	0	0	33370,82	33370,82	33370,82	0,00	33370,82	33370,82	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₂ H ₄	0	0	0	7951,70	7951,70	7951,70	0,00	7951,70	7951,70	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1006192,16	1006192,16	1006192,16	100530,36	100530,36	100530,36	93207,894	41322,524	41322,524	1844,847	1844,847	1844,847	8273777,18	40257,32	5209930,00	40257,32	4258,65

KETERANGAN SIMBOL	
EDC	Atomizer
CD	Condenser
CO	Cooling Coil
DC	Distillation Column
MD	Mixer
PE	Pump
SE	Separator
TE	Tank
TR	Reactor

KETERANGAN SINGKAL	
1	100%
2	200%
3	300%
4	400%
5	500%
6	600%
7	700%
8	800%
9	900%
10	1000%



UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK VINYL CHLORIDE MONOMER DARI ETHYLENE DICHLORIDE KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh:
1. Rizki Nur Hafidha
2. Rizki Nur Hafidha
3. Rizki Nur Hafidha

071818102
071818103

JURULAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI
INDUSTRI DAN ENERGI
ISLAM INDONESIA 2021

Disusun dan Ditinjau oleh:
1. Sholahudin, S.T., M.T., Ph.D.
2. Fadhil, H. M., S.T., M.T., Ph.D.