

No

**PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER
(VAM) DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia



Disusun Oleh:

Nama : Andi Abdul Afif Alwan

Nama : Hastin Lintang Prabaningrum

NIM : 19521181

NIM : 19521116

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER (VAM) DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Abdul Afif Alwan Nama : Hastin Lintang Prabaningrum

NIM : 19521181 NIM : 19521116

Yogyakarta, 8 Mei 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

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



Andi Abdul Afif Alwan
19521181



Hastin Lintang Prabaningrum
19521116

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER
(VAM) DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



Andi Abdul Afif Alwan

19521181

Hastin Lintang Prabaningrum

19521116

Yogyakarta, 31 Juli 2023

الجمعة الاستاذة الاندو
Pembimbing,

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER (VAM)
DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Andi Abdul Afif Alwan

No. Mahasiswa : 19521181

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

Yogyakarta, 28 Agustus 2023

Tim Penguji,

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

Ketua

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

Anggota I

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Anggota II



29/08/2023

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Prarancangan Pabrik Vinil Asetat Monomer (VAM) dari Etilen, Asam Asetat, dan Oksigen Dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun".

Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat saat berkuliah dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam menyusun laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada:

1. Allah SWT atas kehendak dan ridho-Nya yang selalu mengiringi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang tanpa henti memberikan doa, semangat dan dukungan secara moril maupun materil.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M. Eng. dan ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M. Eng selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S T ., M T ., Ph.D. dan Ibu Venitalitya Alethea Sari Agustia, S.T., M. Eng. selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam proses penyusunan tugas akhir.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman kami yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Demikian tugas akhir ini disusun. Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis juga tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Yogyakarta, 8 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri.....	6
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	7
1.2.3 Kapasitas Pabrik.....	7
1.3 Tinjauan Pustaka	8
1.3.1 Pemilihan Proses	8
1.3.2 Alasan Pemilihan Proses	11
1.4 Tinjauan Kinetika	12
1.5 Tinjauan Termodinamika	14
1.5.1 Reaksi 1 (Reaksi Utama Pembentukan Vinil Asetat)	14
1.5.2 Reaksi 2 (Reaksi Pembakaran Etilen).....	16
BAB II. PERANCANGAN PRODUK	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	18
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	18
2.1.2 Spesifikasi Produk.....	21
2.2 Pengendalian Kualitas	22
2.3 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	22
2.4 Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu	22

2.5	Pengendalian Mutu dalam Proses Produksi	22
2.2.1	Pengendalian Kualitas Produk	23
BAB III.PERANCANGAN PROSES.....		24
3.1	Diagram Alir Proses dan Material.....	24
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif.....	24
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif.....	25
3.2	Uraian Proses.....	26
3.3	Spesifikasi Alat Proses	29
3.3.1	Tangki	29
3.3.2	Reactor	31
3.3.3	Separator	33
3.3.4	Absorber.....	34
3.3.5	Menara Distilasi	35
3.3.6	<i>Decanter</i>	37
3.3.7	<i>Vaporizer</i>	38
3.3.8	<i>Condenser Parsial</i>	39
3.3.9	<i>Condenser Total</i>	41
3.3.10	<i>Reboiler</i>	42
3.3.11	Kompresor.....	43
3.3.12	Akumulator	44
3.3.13	<i>Heater</i>	45
3.3.14	<i>Cooler</i>	46
3.3.15	Pompa.....	48
3.4	Neraca Massa.....	49
3.4.1	Neraca Massa Total.....	49
3.4.2	Neraca Massa <i>Separator</i> 1 (SP-01).....	49
3.4.3	Neraca Massa Reaktor (R-01).....	50
3.4.4	Neraca Massa <i>Separator</i> 2 (SP-02).....	50
3.4.5	Neraca Massa Absorber (ABS-01).....	51
3.4.6	Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01)	51
3.4.7	Neraca Massa <i>Decanter</i> 1 (DC-01).....	52
3.5	Neraca Panas	52
3.5.1	Neraca Panas Reaktor (R-01).....	52
3.5.2	Neraca Panas <i>Vaporizer</i> 1 (VP-01).....	53

3.5.3	Neraca Panas <i>Separator</i> 1 (SP-01).....	53
3.5.4	Neraca Panas <i>Separator</i> 2 (SP-02).....	53
3.5.5	Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01).....	54
3.5.6	Neraca Panas <i>Decanter</i> 1 (DC-01).....	54
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK		55
4.1	Lokasi Pabrik.....	55
4.1.1	Faktor Primer	56
4.1.2	Faktor Sekunder	58
4.2	Tata Letak Pabrik	59
4.3	Tata Letak Alat Proses.....	62
4.4	Organisasi Perusahaan.....	65
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	65
4.4.2	Struktur Organisasi.....	66
4.4.3	Tugas dan Wewenang	70
4.4.4	Status Karyawan.....	77
4.4.5	Jumlah Karyawan dan Jam Kerja.....	77
4.4.6	Sistem Penggajian Karyawan.....	84
4.4.7	Fasilitas Karyawan.....	88
BAB V. UTILITAS.....		91
5.1	Unit Pengolahan Air.....	92
5.1.1	Penghisapan.....	92
5.1.2	Pengendapan dan Filtrasi	92
5.1.3	Bak Air Bersih.....	93
5.1.4	Air Domestik dan Servis	93
5.1.5	Air Pendingin	94
5.1.6	Air untuk Boiler	96
5.1.7	Skema Pengolahan Air.....	97
5.2	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	99
5.3	Unit Pengadaan Udara Tekan.....	100
5.4	Unit Pengadaan Listrik.....	100
5.4.1	Kebutuhan Listrik.....	101
5.4.2	Generator.....	104
5.5	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	104
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	105

5.6.1	Pengolahan Bahan Buangan Cair.....	105
5.6.2	Pengolahan Bahan Buangan Padatan.....	106
5.6.3	Pengolahan Limbah Gas	106
BAB VI. EVALUASI EKONOMI		107
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	109
6.2	Dasar Perhitungan	114
6.3	Asumsi Penentuan Total Capital Investment (TCI)	114
6.4	Analisa Risiko Pabrik.....	115
6.4.1.	Pengolahan Bahan Baku	115
6.4.2.	Proses Pembuatan Produk.....	116
6.4.3.	Utilitas.....	116
6.5	Hasil Perhitungan	116
6.5.1	<i>Capital Investment</i>	116
6.5.2	<i>Manufacturing Cost</i>	118
6.5.3	<i>General Expense (GE)</i>	120
6.6	Analisa Keuntungan	121
6.7	Analisa Kelayakan Pabrik	122
6.6.1	<i>Percent Return on Investment (% ROI)</i>	122
6.6.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	123
6.6.3	Break Even Point (BEP).....	123
6.6.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	125
6.6.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	126
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN.....		128
7.1.	Kesimpulan.....	128
7.2.	Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA		131
LAMPIRAN.....		134
Lampiran A. Perhitungan Reaktor.....		134
Lampiran B. Process Engineering Flow Diagram.....		161
Lampiran C. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik.....		162

DAFTAR TABEL

Tabel 1.2 Proyeksi Impor Vinil Asetat	4
Tabel 1.3 Data Ekspor Vinil Asetat di Indonesia	4
Tabel 1.4 Proyeksi Ekspor Vinil Asetat 2022-2025	5
Tabel 1.5 Data Konsumsi Vinil Asetat Tiap Tahun di Indonesia.....	5
Tabel 1.6 Kapasitas Pabrik Vinil Asetat yang Telah Didirikan di Dunia.....	6
Tabel 1.7 Perbandingan Proses Produksi vinil asetat	11
Tabel 1.8 Nilai A , α , dan β Reaksi Utama dan Samping pada Reaktor	13
Tabel 1.9 Harga ΔH_{fo} dan ΔG_{fo} Masing-Masing Komponen.....	14
Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Gas	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Liquid.....	29
Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor	31
Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor yang digunakan.....	33
Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Absorber.....	34
Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi	35
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Decanter</i>	37
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Vaporizer</i>	38
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Condenser</i> Parsial.....	39
Tabel 3.10 Spesifikasi <i>Condenser</i> Total.....	41
Tabel 3.11 Spesifikasi <i>Reboiler</i>	42
Tabel 3.12 Spesifikasi Kompresor.....	43
Tabel 3.13 Spesifikasi Akumulator	44
Tabel 3.14 Spesifikasi <i>Heater</i>	45
Tabel 3.15 Spesifikasi <i>Cooler</i>	46
Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa Proses	48
Tabel 3.17 Neraca Massa Total Pabrik.....	49
Tabel 3.18 Neraca Massa di SP-01	49
Tabel 3.19 Neraca Massa di R-01	50
Tabel 3.20 Neraca Massa di SP-02	50
Tabel 3.21 Neraca Massa di ABS-01.....	51
Tabel 3.22 Neraca MD-01	51
Tabel 3.23 Neraca Massa DC-01	52

Tabel 3.24 Neraca Panas R-01.....	52
Tabel 3.25 Neraca Panas VP-01	53
Tabel 3.26 Neraca Panas SP-01	53
Tabel 3.27 Neraca Panas SP-02.....	53
Tabel 3.28 Neraca Panas MD-01	54
Tabel 3.29 Neraca Panas DC-01	54
Tabel 4.1 Jumlah Karyawan Pabrik Vinil Asetat	78
Tabel 4.2 Jam Kerja Karyawan.....	80
Tabel 4.3 Tenaga Kerja untuk Berbagai Peralatan (Green, 2019).....	81
Tabel 4.4 Pembagian Shift Kerja Karyawan	82
Tabel 4.4 Besaran Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatannya	85
Tabel 4.5 Kebutuhan Gaji Karyawan Tiap Bulannya.....	86
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin Pabrik Tiap Jam.....	95
Tabel 5.2 Kebutuhan Saturated Steam Pabrik Tiap Jam	97
Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Pabrik Vinil Asetat	101
Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Penunjang Pabrik.....	103
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Pabrik Vinil Asetat Keseluruhan.....	103
Tabel 6.1 Perkiraan Harga Alat Proses.....	111
Tabel 6.2 Perkiraan Harga Alat Utilitas.....	112
Tabel 6.3 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	116
Tabel 6.4 <i>Working Capital Investment (WCI)</i>	117
Tabel 6.5 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	119
Tabel 6.6 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	119
Tabel 6.7 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	120
Tabel 6.8 <i>Manufacturing Cost</i>	120
Tabel 6.9 Pengeluaran Umum	121
Tabel 6.10 <i>Annual Fixed Expenses (Fa)</i>	124
Tabel 6.11 <i>Annual Regulated Expenses (Ra)</i>	124
Tabel 6.12 <i>Annual Variable Expenses</i>	125
Tabel 7.1 Analisa Kelayakan Pabrik vinil asetat	129
Tabel A.1 Berat Molekul Umpan.	136
Tabel A.2 Hasil Koefisien Virial dan nilai Z.....	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Perencanaan Lokasi Pabrik Vinil Asetat (Google Earth)	55
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Vinil asetat.....	61
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Pabrik Vinil Asetat.....	64
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan	69
Gambar 6.1 Hubungan Indeks Harga Tiap Tahunnya	109
Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan Pabrik	127
Gambar A.1 Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i>	134

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN.....	134
Lampiran A. Perhitungan Reaktor.....	134
Lampiran B. Process Engineering Flow Diagram.....	161
Lampiran C. Kartu Kosultasi Bimbingan Perancangan Pabrik.....	162

ABSTRAK

Vinil asetat merupakan bahan kimia dengan rumus kimia $C_4H_6O_2$ yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan polimer penting seperti polivinil asetat, polivinil klorida, vinil asetat kopolimer dan polivinil alkohol. Pabrik ini memiliki kapasitas 40.000 ton/tahun dengan tenaga kerja sebanyak 161 orang yang bekerja 345 hari/tahun. Pabrik ini berlokasi di daerah Cilegon, Banten dengan mempertimbangkan faktor ketersediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran, dan utilitas. Pabrik ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko tinggi berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah. Peralatan yang digunakan antara lain reaktor, separator, absorber, menara distilasi dan *decanter*. Secara garis besar, proses produksi terdiri atas proses reaksi dan pemurnian. Vinil asetat monomer dihasilkan dari reaksi oksidasi etilen dan asam asetat di fase gas pada tekanan 10 atm dan suhu $150^{\circ}C$. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed multitube*. Vinil asetat yang terbentuk dipisahkan menggunakan menara distilasi dan *decanter* sehingga diperoleh vinil asetat dengan kemurnian 99,5%. Pabrik ini membutuhkan 16.903,13 ton gas etilen, 10.155,15 ton gas oksigen, 26.917,51 ton asam asetat cair, dan 37,203 ton katalis Pd/Au/SiO sebagai bahan baku prosesnya. Utilitas pabrik menyediakan air sebesar 104.200,75 kg/jam, steam sebesar 13.461,931 kg/jam, udara tekan sebesar $100\text{ m}^3/\text{jam}$, tenaga listrik sebesar 503,85 kW, bahan bakar batubara sebesar 1706,21 kg/jam dan kebutuhan solar untuk generator 63,61 L/jam. Hasil analisis ekonomi pabrik menunjukkan keuntungan yang diperoleh pabrik vinil asetat monomer dengan kapasitas 40.000 ton/tahun adalah Rp 204.822.116.176. Nilai *return of investment* sebesar 35,86 % dari investasi modal awal, *pay out time* yaitu 2,18 tahun, *break even point* di kapasitas 45,01% dari kapasitas penuh pabrik, *shut down point* di kapasitas 26,61% dari kapasitas penuh pabrik, dan *discounted cash flow* 33,14%. Hasil analisa ekonomi menunjukkan pabrik vinil asetat monomer (VAM) dari etilen, asam asetat, dan oksigen dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata Kunci: Asam Asetat, Etilen, Oksigen , Reaktor *Fixed Bed Multitube*, Vinil Asetat

ABSTRACT

Vinyl acetate is a chemical compound with the formula C₄H₆O₂ used as a monomer for important polymers such as polyvinyl acetate, polyvinyl chloride, vinyl acetate copolymer, and polyvinyl alcohol. The establishment of a vinyl acetate plant in Indonesia is important due to the high demand and the absence of domestic production of this material. This plant has a capacity of 40,000 tons/year and located in Cilegon, Banten due to the availability of raw materials, transportation, labor, marketing, and utilities. This plant is classified as a high-risk plant based on process, operating conditions, raw material, and product properties, as well as government regulations. The process equipment that use in this plant includes a reactor, separator, absorber, distillation tower, and decanter. The production process consists of a reaction and purification process. Vinyl acetate monomer is produced from the oxy-acetylation reaction of ethylene in the gas phase between ethylene, acetic acid, and oxygen at a pressure of 10 atm and a temperature of 150⁰C. The reactor used is a fixed-bed multitube reactor. Vinyl acetate formed in the reactor and separated using a distillation tower and a decanter to obtain high purity of vinyl acetate (99.5%). This plant requires 16,903.13 tons of ethylene gas, 10,155.15 tons of oxygen gas, 26,917.51 tons of liquid acetic acid, and 37,203 tons of pd/Au/SiO catalyst as raw materials. The plant utilities consist of 104,200.75 kg/hour of water, 100 m³/hour of compressed air, 503.85 kW of electricity, 1706.21 kg/hour of coal fuel, and 63.61 L/kg of diesel fuel for generators. The results of the economic analysis of the factory show the profit from the vinyl acetate monomer plant with a capacity of 40,000 tons/year is Rp 204.822.116.176, return on investment is 35.86% of the initial capital investment, payout time is 2.18 years, break-even point is at 45.01% of the factory's full capacity, shutdown point is at 26.61% of the factory's full capacity, and discounted cash flow is 33.14%. The results of the economic analysis show that a vinyl acetate monomer (VAM) plant from ethylene, acetic acid, and oxygen with a capacity of 40,000 tonnes/year is reasonable to establish.

Keywords: *Acetic Acid, Ethylene, Fixed Bed Multitube Reactor, Oxygen, Vinyl Acetate*

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin pesat, terutama industri skala besar. Hal ini dibuktikan dengan kementerian perindustrian yang menjadikan sektor industri kimia, farmasi, dan tekstil sebagai industri prioritas karena memiliki nilai ekspor yang tinggi dan meningkat, yaitu sebesar 61.97 triliun yang didominasi oleh pabrik bahan baku kimia. Kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan bahan kimia dan juga sekaligus ikut memecahkan masalah ketenagakerjaan. Pemerintah melalui kementerian perindustrian juga melakukan program substitusi impor 35% pada produk hulu yang utamanya berupa industri damar buatan (resin sintesis) dan bahan baku plastik. Salah satu bahan utama yang merupakan produk intermediet utama dalam industri resin sintesis dan bahan baku plastik adalah vinil asetat monomer (VAM).

Mengingat kemajuan industri yang sangat pesat di Indonesia ini banyak hasil produk yang menggunakan vinil asetat, namun sangat disayangkan kebutuhan akan vinil asetat di Indonesia belum dapat ditopang oleh industri dalam negeri. Sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan vinil asetat, Indonesia masih mengimpor vinil asetat sebesar 39.265.576 ton dari beberapa negara seperti Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Singapura, dan China (Badan Pusat Statistik, 2021). Jumlah impor vinil asetat yang besar serta kebutuhan vinil asetat yang juga mengalami peningkatan menjadikan pabrik vinil asetat sangat dibutuhkan. Selain itu pendirian pabrik vinil asetat akan mempercepat tumbuhnya industri kimia di Indonesia yang menjadikan

vinil asetat sebagai bahan baku dan atau bahan ekspor ke luar negeri. Perkembangan industri kimia di Indonesia saat ini terus mengalami peningkatan sehingga kebutuhan bahan baku seperti vinil asetat juga ikut meningkat.

Vinil asetat merupakan bahan kimia antara (*intermediate*) dengan rumus kimia $C_4H_6O_2$ yang banyak dibutuhkan industri. Vinil asetat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan polivinil asetat, vinil asetat kopolimer, polivinil alkohol dan vinil klorida. Vinil asetat dalam bentuk polimer sangat luas kegunaannya antara lain dalam industri cat, sebagai perekat, pelapis, lem, film, tinta, tekstil dan industri kertas. Sedangkan bentuk kopolimernya misalnya dengan *acrylonitrile* dipakai untuk industri *acrylic fibers*.

Sampai saat ini kebutuhan vinil asetat dan kopolimernya masih dipenuhi dengan impor. Oleh karena itu dengan didirikannya pabrik ini di Indonesia diharapkan dapat memberikan keuntungan antara lain:

1. Dapat mengurangi impor vinil asetat sehingga kebutuhan dalam negeri dapat dipenuhi.
2. Membuka peluang didirikannya pabrik dengan bahan baku vinil asetat antara lain dalam industri cat, sebagai *adhesive*, pelapis, lem, film, tinta, tekstil dan industri kertas.
3. Membuka kesempatan kerja dengan menciptakan lapangan kerja baru.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik vinil asetat ditentukan oleh beberapa faktor pertimbangan seperti kebutuhan akan produk di dalam negeri, jumlah impor dan ekspor vinil asetat, jumlah produksi asam asetat dalam negeri, serta jumlah pasokan bahan baku yang digunakan. Selain itu kapasitas perancangan juga mempertimbangkan kapasitas pabrik vinil asetat yang sudah berdiri.

a. Data Impor Vinil Asetat

Vinil asetat belum di produksi di Indonesia sehingga kebutuhan akan bahan ini dipenuhi dengan impor. Untuk menyusun kapasitas perencanaan pabrik vinil asetat dilakukan dengan data impor bahan baku produksi vinil asetat. Rencana pembuatan Pabrik vinil asetat akan dilakukan pada tahun 2025 sehingga dilakukan perhitungan estimasi untuk tahun 2025.

tahun	Impor (kg)	% pertumbuhan
2017	42328394	
2018	47999699	13,40%
2019	41509249	-13,52%
2020	35343632	-14,85%
2021	39265576	11,10%
rata rata pertumbuhan		-0,97%

(BPS, 2022)

Dari data impor vinil asetat tahun 2017-2021, maka dapat diperoleh proyeksi impor asam asetat tahun 2025 dengan menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan. Dari hasil perhitungan, diperoleh proyeksi impor tahun 2022 - 2025 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1.1 Proyeksi Impor Vinil Asetat

Tahun	Impor (kg)	% pertumbuhan
2022	38884651	-0,97%
2023	38507421	-0,97%
2024	38133851	-0,97%
2025	37763905	-0,97%

b. Data Ekspor Vinil Asetat

Berdasarkan data perdagangan pada tahun 2017 hingga 2021 (BPS, 2022), ekspor vinil asetat di Indonesia masih sangat kecil. Ekspor bahan ini bukan berasal dari produksi dalam negeri, melainkan berasal dari penjualan kembali vinil asetat yang diimpor oleh industri dalam negeri. Nilai ekspor vinil asetat dalam negeri dapat dilihat pada Tabel 1.3 dibawah ini.

Tabel 1.2 Data Ekspor Vinil Asetat di Indonesia

Tahun	Ekspor (kg)	% pertumbuhan
2017	103675	
2018	72546	-30,03%
2019	73596	1,45%
2020	46884	-36,30%
2021	47234	0,75%
rata rata pertumbuhan		-16,03%

(BPS, 2022)

Dari data ekspor vinil asetat tahun 2017-2021, maka dapat diperoleh proyeksi ekspor asam asetat tahun 2025 dengan menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan.

Dari hasil perhitungan, diperoleh proyeksi ekspor pada tahun 2022-2025 yaitu:

Tabel 1.3 Proyeksi Ekspor Vinil Asetat 2022-2025

Tahun	Ekspor (kg)	% Pertumbuhan
2022	39662	-16,03%
2023	33303	-16,03%
2024	27964	-16,03%
2025	23481	-16,03%

c. Data Produksi Vinil Asetat

Pabrik yang memproduksi monomer vinil asetat belum ada, sehingga data produksi vinil asetat di Indonesia masih berjumlah 0.

d. Data Konsumsi Vinil Asetat

Kebutuhan vinil asetat pada industri di Indonesia pada tahun 2017-2021 dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.4 Data Konsumsi Vinil Asetat Tiap Tahun di Indonesia

konsumen	Negara Supplier	Kebutuhan (kg/tahun)
PT. Polychemie Asia Pacific Permai, Bogor	Korea Selatan	42730
PT. Rudolf Chemical Indonesia	China	47700
PT. Eternal Buana Chemical Industries	Korea Selatan	107000
PT. Aristek High polymer	Korea Selatan	52800
PT. Padi Hijau Buana	China	42760
PT. Dover Chemical	China	17600
PT. Alfa Polimer Indonesia	Korea Selatan	17600
Total		331220

(Volza.com)

1.2.1 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri

Penentuan kapasitas minimal berdasar pada kapasitas pabrik yang telah berproduksi dan layak untuk didirikan. Beberapa contoh industri vinil asetat monomer yang telah berdiri di berbagai negara dan kapasitas produksinya dapat dilihat pada Tabel 1.6 dibawah ini.

Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik Vinil Asetat yang Telah Didirikan di Dunia

Lokasi Pabrik	Perusahaan	Kapasitas (ton)
Texas, Amerika Serikat	Celanese	450.000
Texas, Amerika Serikat	LyondellBasell Acetyls, LLC	400.000
Texas, Amerika Serikat	DOW	365.000
Texas, Amerika Serikat	Kuraray America, Inc.	335.000
Frankfurt, Germany	Celanese	305.000
Burghausen, Germany	Wacker-Chemie	200.000
Nanjing, China	Celanese	90.000
Jurong Island, Singapura	CCD (Singapore) Pte. Ltd.	85.000
Budyonovsk, Russia	Stavrolen	60.000
Severodonetsk, Ukraina	Azot Severodonetsk	35.000

(Harvestchem.com)

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

a. Asam Asetat

Indonesia memiliki pabrik asam asetat yaitu PT Indo Acidatama dengan kapasitas pabrik asam asetat di Indonesia yaitu 36.600 ton/tahun. Jumlah ini dapat menunjang produksi vinil asetat sebesar 52.460 ton/tahun.

b. Etilen

Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi etilen yakni PT. Chandra Asri Petrochemical. Perusahaan ini dapat menyuplai 860.000 ton/tahun.

c. Oksigen

Produksi Oksigen di Indonesia salah satunya di produksi oleh PT Air Liquide Indonesia yang mampu memproduksi 400.000.000 m³ oksigen setiap tahun (Kemenperin, 2023).

1.2.3 Kapasitas Pabrik

Kapasitas penentuan pabrik dilakukan melalui perhitungan supply demand per tahun sebagai berikut:

$$\text{Potensi Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

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

$$\text{Potensi Kapasitas} = (331,220 \text{ ton} + 23,481 \text{ ton}) - (0 + 37.763,905 \text{ ton})$$

$$\text{Potensi Kapasitas} = -39.440,685 \text{ ton}$$

Potensi kapasitas vinil asetat di Indonesia untuk mengganti jumlah impor vinil asetat mencapai 39.105,763 ton/tahun . Untuk memproduksi vinil asetat secara ekonomis, kapasitas vinil asetat yang di produksi mengikuti rentang kapasitas pabrik yang telah berdiri di dunia. Berdasarkan pertimbangan potensi kapasitas

sebesar 39.105,763 ton/tahun dan keseluruhan produksi bahan baku asam asetat dalam negeri yang mampu menunjang produksi vinil asetat maksimal 52.460 ton/tahun, maka digunakan kapasitas 40000 ton/tahun sebagai kapasitas pabrik vinil asetat kami. Pemilihan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan vinil asetat monomer dalam negeri.

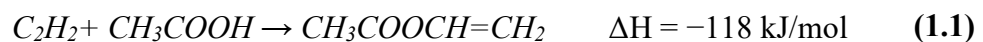
1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Pemilihan Proses

Proses Produksi vinil asetat monomer sangat banyak, tetapi yang biasa digunakan dalam industri skala besar ada 3, yaitu proses hidroesterifikasi asam asetat, proses asetaldehid, dan proses oksidasi asam asetat dan etilen (Dimian, 2008).

a. Proses Hidroesterifikasi Asam Asetat

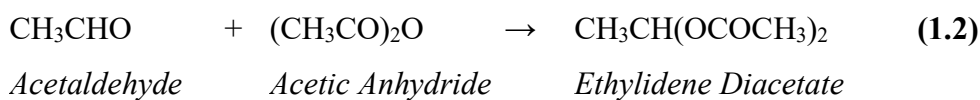
Proses ini berjalan melalui reaksi berikut:



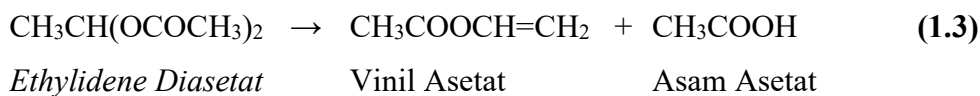
Proses dengan bahan baku asam asetat dan asetilen ini dilakukan pada kondisi operasi di temperatur 170-250°C di tekanan 115-122 kPa. Reaksi ini terjadi di fase gas dan katalis $Zn(OAc)_2$ yang diendapkan dalam karbon aktif. Metode ini memiliki tingkat konversi sebesar 60-70% dengan selektivitas mencapai 93%. Saat ini proses asam asetat dan asetilen tidak banyak digunakan dan tidak populer. Penyebab utama dari tidak populernya proses ini adalah faktor keamanan dan harga asetilen yang mahal (Dimian, 2008).

b. Proses Asetaldehid

Proses pembuatan vinil asetat dengan bahan baku asetaldehid dan asetat anhidrida berjalan dengan 2 tahapan reaksi. Tahap pertama adalah reaksi antara *acetaldehyde* dan *acetic anhydride* membentuk *ethylidene diacetate*. Reaksi ini terjadi di fase liquid pada suhu 120 – 140 °C dengan katalis FeCl₃ sesuai reaksi dibawah ini:



Setelah reaksi pertama, *ethylidene diacetate* akan terurai menjadi senyawa vinil asetat dan asam asetat sesuai reaksi berikut:



Proses pembuatan vinil asetat dengan *acetaldehyde dan acetic anhydride process* tidak populer di industri karena yield vinil asetat yang dihasilkan reaksi ini kecil sehingga proses ini kurang ekonomis (Dimian, 2008).

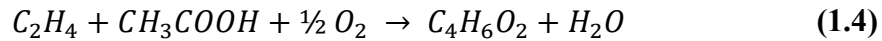
c. Proses Oksidasi Asam Asetat dan Etilen (*oxyacetylation Ethylene*)

Proses pembuatan vinil asetat dengan bahan baku asam asetat, etilen dan oksigen merupakan proses yang paling umum di industri saat ini. Proses ini dapat dilakukan pada fase gas dan fase cair.

a) Fase Cair

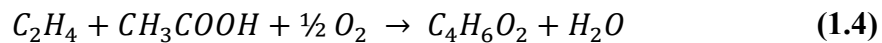
Vinil asetat monomer dapat dihasilkan dengan reaksi yang menggunakan zat cair sebagai bahan bakunya. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan asam asetat, etilen cair dan oksigen pada reaktor. Reaksi terjadi pada tekanan 3-4 MPa dan suhu

110-130 °C. Proses ini sekarang sudah tidak digunakan dan diganti menggunakan fase gas dikarenakan masalah korosi yang banyak merugikan dan sulit diatasi (Roscher, 2002).

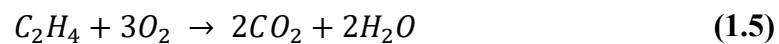


b) Fase Gas

Reaksi pembuatan vinil asetat yang paling baru dan umum di industri adalah reaksi oksidasi antara etilen dan asam asetat yang menggunakan bahan baku gas serta menghasilkan vinil asetat dan air sebagai hasil samping. Reaksi tersebut terjadi sesuai persamaan reaksi :



Dari reaksi tersebut terjadi reaksi samping antara etilen dan oksigen yang menghasilkan karbon dioksida dan air yang dimana reaksi nya sebagai berikut :



Reaksi pada fase gas terjadi pada 150-160 °C dan tekanan 0,8-1,0 MPa, dengan katalis heterogen yang mengandung palladium dengan umur katalis 1-5 tahun. Produk samping reaksi ini berupa air dan karbondioksida (Dimian, 2008 & Han, 2004).

1.3.2 Alasan Pemilihan Proses

Proses produksi vinil asetat monomer dibandingkan untuk mendapatkan proses yang paling baik dilakukan dalam perancangan pabrik, dibuat dengan memberikan nilai terhadap beberapa parameter perancangan dengan rentang penilaian sebagai berikut:

* : Kurang baik

** : Cukup baik

*** : Baik

**** : Sangat baik

Hasil perbandingan untuk tiap-tiap proses tercantum pada Tabel 1.7.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Produksi vinil asetat

Tinjauan	Proses Hidroesterifikasi Asam Asetat	Proses Asetaldehid	Proses Oksidasi Asam Asetat dan Etilen
Harga Bahan Baku	Asam Asetat (USD\$0.016) Asetilen(USD\$ 3.8) *	Asetaldehid (USD\$0,87), <i>Acetic Anhydride</i> (USD\$1,76) **	Asam Asetat (USD\$0.016), Etilen (USD\$1,07) ****
Pengadaan Bahan Baku	Asam Asetat (lokal) Asetilen (Impor) ***	Asetaldehid (lokal) Asetat anhidrat (impor) *	Asam Asetat (lokal), Etilen (lokal) ****
Konversi	70% ****	43% ***	40% **
Suhu Reaksi	170 - 250°C **	120 - 210 °C ***	120 - 210 °C ***
Tekanan	1.43 atm ****	1.5 atm ****	8.7 atm *
Katalis	Zn(OAc) ₂ **	FeCl ₃ **	Palladium (Pd) ****
Reaktor	<i>Fixed Bed</i> ***	<i>CSTR</i> ****	<i>Fixed bed multitube</i> ***

Tinjauan	Proses Hidroesterifikasi Asam Asetat	Proses Asetaldehid	Proses Oksidasi Asam Asetat dan Etilen
Keamanan	Asetilena merupakan bahan berbahaya dan mudah meledak **	Acetic anhydride merupakan bahan berbahaya dan mudah meledak **	Reaksi tidak terlalu berisiko dan bahan baku relatif aman ****
Nilai Akhir	21	24	25

Berdasarkan penilaian beberapa faktor diatas, dipilih proses pembuatan vinil asetat monomer dengan bahan baku asam asetat dan oksigen di fase gas.

1.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan vinil asetat dari asam asetat dan etilen dengan katalis palladium merupakan reaksi heterogen dalam fase gas (pereaktan) dan fase padat (katalis). Persamaan kecepatan reaksi pembentukan vinil asetat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$r_{VAM} = k_1 P_{C_2H_4}^{\alpha_1} P_{O_2}^{\beta_1} \quad (1.6)$$

Di mana $P_{C_2H_4}$ merupakan tekanan parsial dari etilen dan P_{O_2} adalah tekanan parsial dari oksigen dan nilai k_1 untuk reaksi pembentukan vinil asetat dapat didefinisi dengan persamaan berikut:

$$k_1 = A_1 \exp\left(\frac{-E_1}{RT}\right) \quad (1.7)$$

Selain reaksi utama pembentukan vinil asetat monomer, terdapat reaksi samping antara etilen dan oksigen dengan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut sebagai berikut:

$$r_{VAM} = k_1 P_{C_2H_4}^{\alpha_2} P_{O_2}^{\beta_2} \quad (1.8)$$

Nilai k_2 sebagai reaksi samping diperoleh dengan persamaan berikut:

$$k_2 = A_2 \exp\left(\frac{-E_2}{RT}\right) \quad (1.9)$$

Nilai A , α , dan β untuk reaksi pembentukan vinil asetat diperoleh dari hasil pengujian beberapa literatur (Han dkk, 2004, Han dkk, 2005 & Motahari dkk, 2012). Nilai-nilai tersebut pada suhu 433 K dapat dilihat pada Tabel dibawah ini terdapat pada Tabel 1.8 di bawah ini:

Tabel 1.7 Nilai A , α , dan β Reaksi Utama dan Samping pada Reaktor

Reaksi	Nilai α	Nilai β	E (J/mol)	Nilai A di 423 K ($\text{mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
Utama	0,36	0,2	15000	$7,95 \times 10^{-5}$
Samping	-0,31	0,82	21000	$2,25 \times 10^{-4}$

(Han, 2004 & Han, 2005)

Berdasarkan data diatas, dapat diperoleh nilai kinetika reaksi pada produksi vinil asetat sebagai berikut:

- Reaksi Utama:

$$k_1 = A_1 \exp\left(\frac{-E_1}{RT}\right) \quad (1.7)$$

$$k_1 = 7,95 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-15000}{(8.314)(423)}\right)$$

$$k_1 = 1,12 \times 10^{-6}$$

- Reaksi Samping:

$$k_2 = A_2 \exp\left(\frac{-E_2}{RT}\right) \quad (1.9)$$

$$k_2 = 2,25 \times 10^{-4} \exp\left(\frac{-21000}{(8.314)(423)}\right)$$

$$k_2 = 2,00 \times 10^{-4}$$

1.5 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (reversible /irreversible). Untuk menentukan reaksi eksotermis/endotermis panas reaksi dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (H_f°). Nilai H_f° dan G_f° masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.9 berikut:

Tabel 1.8 Harga ΔH_f° dan ΔG_f° Masing-Masing Komponen

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol	ΔG_f° , kJ/mol
C ₂ H ₄	48,65	67,998
CH ₃ COOH	-438,86	-376,83
O ₂	0	0
VAM	-338,50	-228,94
H ₂ O	-243,1	-228,635
CO ₂	-393,60	-394,38

(Yaws, 1999)

Perhitungan untuk menentukan nilai panas reaksi (ΔH_{r1}°) dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

1.5.1 Reaksi 1 (Reaksi Utama Pembentukan Vinil Asetat)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{r1}^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{Produk} - \Delta H_f^\circ \text{Reaktan} && (1.10) \\
 &= \left(\Delta H_{f \text{VAM}}^\circ + \Delta H_{f \text{H}_2\text{O}}^\circ \right) - \left(\Delta H_{f \text{C}_2\text{H}_4}^\circ + \Delta H_{f \text{CH}_3\text{COOH}}^\circ + \Delta H_{f \text{O}_2}^\circ \right) \\
 &= (-338,50 - 241,8) - (48,65 - 438,86 + 0)
 \end{aligned}$$

$$= -190,09 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH_R° reaksi 1 bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

Perubahan energi gibbs dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (1.11)$$

(Smith Van Ness,1987)

Dimana:

ΔG° = Energi bebas gibbs standar suatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)

R = konstanta gas (R = 8,314. kJ/kmol.K)

T = temperatur (K)

K = konstanta kesetimbangan

- ΔG_o Reaksi 1

$$\Delta G_{r1}^\circ = \Delta G_f^\circ \text{Produk} - \Delta G_f^\circ \text{Reaktan} \quad (1.12)$$

$$= (\Delta G_f^\circ_{VAM} + \Delta G_f^\circ_{H_2O}) - (\Delta G_f^\circ_{C_2H_4} + \Delta G_f^\circ_{CH_3COOH} + \Delta G_f^\circ_{O_2})$$

$$= (-228,94 - 228,635) - (67,998 - 376,83 + 0)$$

$$= -148,743 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -148743 \text{ J/mo}$$

Karena ΔG° reaksi 1 bernilai negatif maka berdasarkan persamaan (1.11) nilai K lebih dari 1 sehingga reaksi bersifat spontan ke arah produk.

$$\Delta G_{r1}^\circ = -RT \ln K \quad (1.11)$$

$$\ln K_{298,15K} = -\frac{\Delta G_{r1}^\circ}{RT}$$

$$\ln K_{298,15K} = \frac{-(148743)}{-(8,314)(298)}$$

$$\ln K_{298,15K} = 60,03$$

$$K_{298,15K} = e^{60,03}$$

$$\ln \frac{K_{423,15K}}{K_{298,15K}} = \frac{\Delta H_{r1}^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$K_{423,15K} = e^{\ln K_{298,15K} + \left(\frac{-190090}{8,314} \left(\frac{1}{423,15} - \frac{1}{298,15} \right) \right)}$$

$$K_{423,15K} = e^{82,68}$$

Karena konstanta kesetimbangan (K_{423k}) reaksi 1 relatif besar, maka reaksi berlangsung searah (irreversible).

1.5.2 Reaksi 2 (Reaksi Pembakaran Etilen)

$$\begin{aligned} \Delta H_{r2}^{\circ} &= \Delta H_f^{\circ} \text{Produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{Reaktan} & (1.10) \\ &= \left((2 \times \Delta H_f^{\circ} \text{CO}_2) + (2 \times \Delta H_f^{\circ} \text{H}_2\text{O}) \right) - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_2\text{H}_4 + 0) \\ &= ((2 \times -393,60) + (2 \times -243,1)) - (48,65 + 0) \\ &= -1322,05 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena ΔH_R° reaksi 2 bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

- ΔG° Reaksi 2

$$\begin{aligned} \Delta G_{r2}^{\circ} &= \Delta G_f^{\circ} \text{Produk} - \Delta G_f^{\circ} \text{Reaktan} & (1.12) \\ &= \left((2 \times \Delta G_f^{\circ} \text{CO}_2) + (2 \times \Delta G_f^{\circ} \text{H}_2\text{O}) \right) - (\Delta G_f^{\circ} \text{C}_2\text{H}_4 + 0) \\ &= ((2 \times -394,38) + (2 \times -228,635)) - (67,998 + 0) \\ &= -1314 \text{ kJ/mol} = -1314000 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Karena ΔG° reaksi 2 bernilai negatif maka nilai K lebih dari 1 sehingga reaksi bersifat spontan ke arah produk.

$$\Delta G_{r2}^\circ = -RT \ln K \quad (1.11)$$

$$\ln K_{298,15K} = -\frac{\Delta G_{r1}^\circ}{RT}$$

$$\ln K_{298,15K} = \frac{(-1314000)}{-(8,314)(298)}$$

$$\ln K_{298,15K} = 530,358$$

$$K_{298,15K} = e^{530,358}$$

$$\ln \frac{K_{423,15K}}{K_{298,15K}} = \frac{\Delta H_{r1}^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$K_{423,15K} = e^{\ln K_{298,15K} + \left(\frac{-190090}{8,314} \left(\frac{1}{423,15} - \frac{1}{298,15} \right) \right)}$$

$$K_{423,15K} = e^{687,9}$$

Karena konstanta kesetimbangan (K_{423k}) reaksi 2 besar, maka reaksi berlangsung searah ke arah kanan (irreversible).

BAB II. PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Etilen

- Rumus Molekul : C_2H_4
- Kenampakan : Gas tidak berwarna
- Berat Molekul : 28,054 kg/kgmol
- Titik Didih (1 atm) : $-103,68\text{ }^{\circ}C$
- Titik Leleh (1 atm) : $-169,05\text{ }^{\circ}C$
- Suhu kritis : $9,26\text{ }^{\circ}C$
- Tekanan Kritis : 49,66 atm
- Densitas larutan : $577\text{ }(-110)\text{ kg/m}^3\text{ }(^{\circ}C)$
- *Flammable (Explosion) Limit* : 2,7 – 36% Volume
- Kemurnian : $\geq 99,95\%$ (PT. Chandra Asri)
- Impurities :
 - CO_2 (<0.1%)
 - Ethane (2-10 ppm)
 - Sulfur (1-10 ppm)
- *NFPA Hazard Rating* : *Health = 1, Flammability = 4, Reactivity = 2*
- Toksisitas : Dapat menyebabkan kanker jika terpapar lama, masalah, dapat menyebabkan frostbite saat terpapar di udara bebas, mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi mata dan pernapasan

B. Asam Asetat

- Rumus Molekul : CH_3COOH
- Kenampakan : Cairan tak berwarna
- Berat Molekul : 60,052 kg/kgmol
- Titik Didih (1 atm) : 117,95 °C
- Titik Leleh (1 atm) : 16,7 °C
- Suhu kritis : 318,8 °C
- Tekanan Kritis : 57,86 atm
- Densitas larutan : 1049,2 (20) kg/m³ (°C)
- *Flammable (Explosion) Limit* : 4 -17% Volume
- Kemurnian : 99,8 %
- Impurities : - Air (<0,5%)
- Acetaldehid (50 ppm)
- *NFPA Hazard Rating* : *Health = 3, Flammability = 2, Reactivity = 0, Special = Corrosive*
- Toksisitas : Dapat menyebabkan iritasi dan luka bakar bila terjadi kontak langsung, dapat menyebabkan masalah pernapasan saat dihirup, mudah terbakar

C. Oksigen

- Rumus Molekul : O₂
- Kenampakan : Gas tak berwarna
- Berat Molekul : 32 kg/kgmol
- Titik Didih (1 atm) : -182,98 °C
- Titik Leleh (1 atm) : -218,79 °C
- Suhu kritis : -118,57 °C
- Tekanan Kritis : 50,76 atm
- *Flammable* : Non Flammable
- *(Explosion) Limit*
- *Oxidizing Properties* : *Oxidizer* kuat
- Kemurnian : 100% (PT Air Liquide)
- *NFPA Hazard Rating* : *Health = 3, Flammability = 0, Reactivity = 0, Special = Oxidizer*
- Toksisitas : Tidak beracun, dapat menyebabkan *frostbite* saat kontak dengan tubuh

2.1.2 Spesifikasi Produk

A. Vinil Asetat

- Rumus Molekul : $C_4H_6O_2$
- Kenampakan : Cairan Tak Berwarna Hingga Kekuningan
- Berat Molekul : 86,09 kg/kgmol
- Titik Didih (1 atm) : 72,5 ° C
- Titik Leleh (1 atm) : -92,8 ° C
- Suhu Kritis : 246 °C
- Tekanan Kritiss : 39,77 atm
- Densitas Larutan : 934 (20) kg/m³ (°C)
- Kemurnian : $\geq 99,9\%$ (PT. Samchem Prasadha)
- Viskositas Larutan : 0,41 cP (20 °C)
- Impuritis : Air (maks 0,04%)
Asam Asetat (maks 0,005%)
- *Flammable (Explosion) Limit* : 2,6 -13,4% Volume
- *NFPA Hazard Rating* : *Health = 2, Flammability = 3, Reactivity = 2, Special = Oxidizer*
- Toksisitas : Beracun, dapat menyebabkan iritasi ringan pada kulit, dalam fase uap, dapat menyebabkan iritasi pada konsentrasi diatas 10 ppm, menyebabkan iritasi parah pada mata, dapat menyebabkan pusing dan kerusakan pernapasan saat dihirup.

2.2 Pengendalian Kualitas

Mempertahankan mutu barang merupakan hal penting untuk dilakukan dan harus mendapatkan perhatian khusus dari perusahaan. Mutu kualitas pun menjadi salah satu daya tarik konsumen terhadap suatu produk. Penyimpangan kualitas produk dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya yaitu kerusakan pada alat, mutu bahan baku yang tidak bagus, dan kesalahan operasi. Adanya penyimpangan kualitas dapat diketahui dari hasil monitor, dan analisa pada bagian laboratorium.

2.3 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku ditujukan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan. Apabila kualitas bahan baku tidak sesuai maka ada kemungkinan bahan baku dikembalikan ke supplier.

2.4 Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan pembantu yang akan digunakan pada proses pembuatan vinil asetat juga perlu dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui sifat fisis dari bahan tersebut. Hal yang perlu diperhatikan yaitu apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk proses pembuatan vinil asetat.

2.5 Pengendalian Mutu dalam Proses Produksi

Perlu diadakannya pengendalian atau pengawasan bahan selama proses berlangsung. Pengawasan dalam produksi yang utama yaitu pengendalian alat proses yang digunakan untuk mengontrol suhu, volume, tekanan, aliran, serta kondisi alat yang digunakan. Aspek pengawasan yang perlu diperhatikan adalah keadaan bahan dan reaksi yang ditimbulkan, standar operasional mesin produksi dan keadaan produk sebelum dalam tangki penyimpanan.

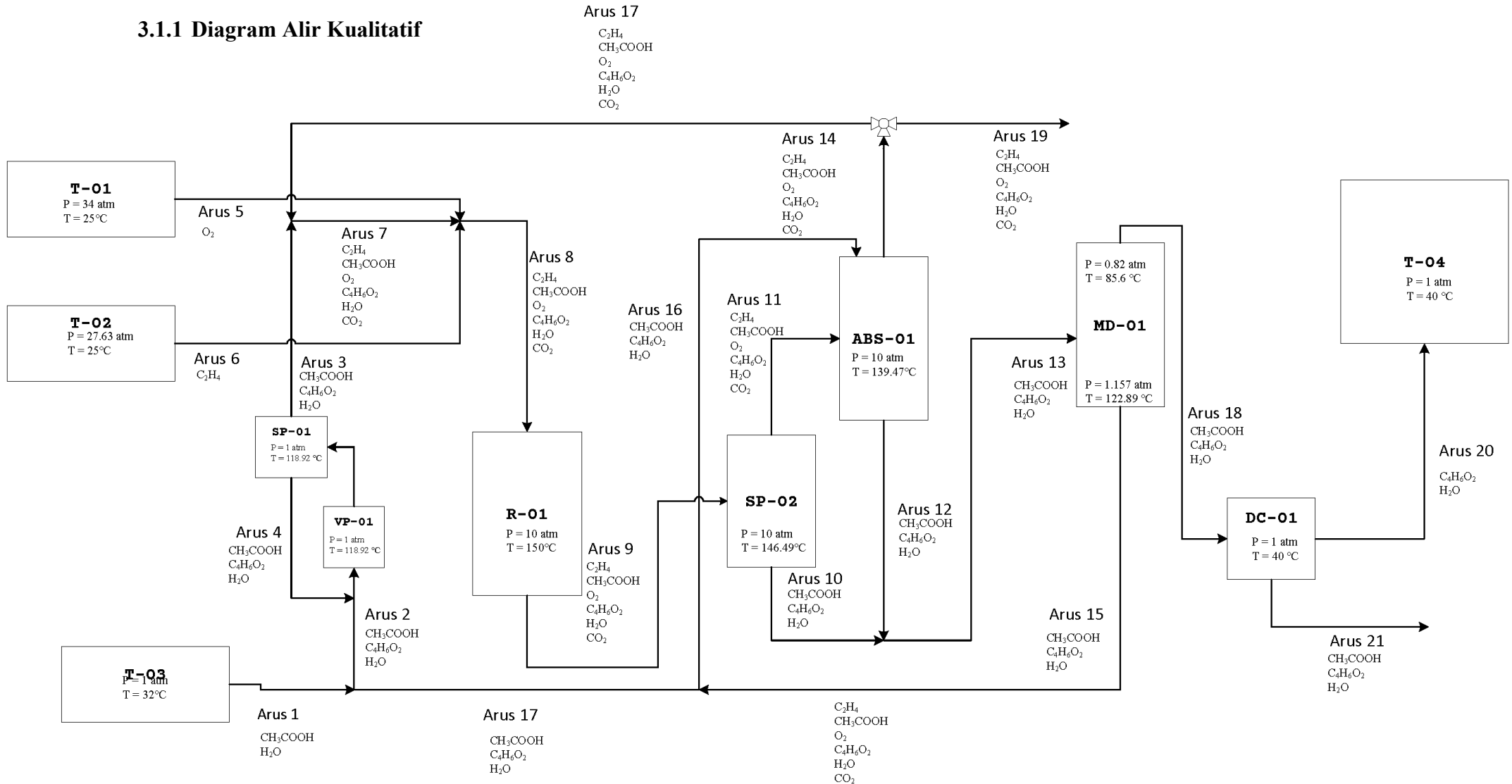
2.2.1 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan pada produksi vinil asetat. Pengendalian kualitas bertujuan untuk pengawasan produk pada saat akan dipindahkan dari storage tank ke mobil pengangkut. Untuk mendapatkan produk standar maka diperlukan pula bahan yang berkualitas. Untuk memperoleh mutu produk yang baik maka diperlukan bahan dengan kualitas yang baik juga. Pengawasan atau pengendalian dapat dilakukan dengan cara sistem kontrol sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat diperjual belikan.

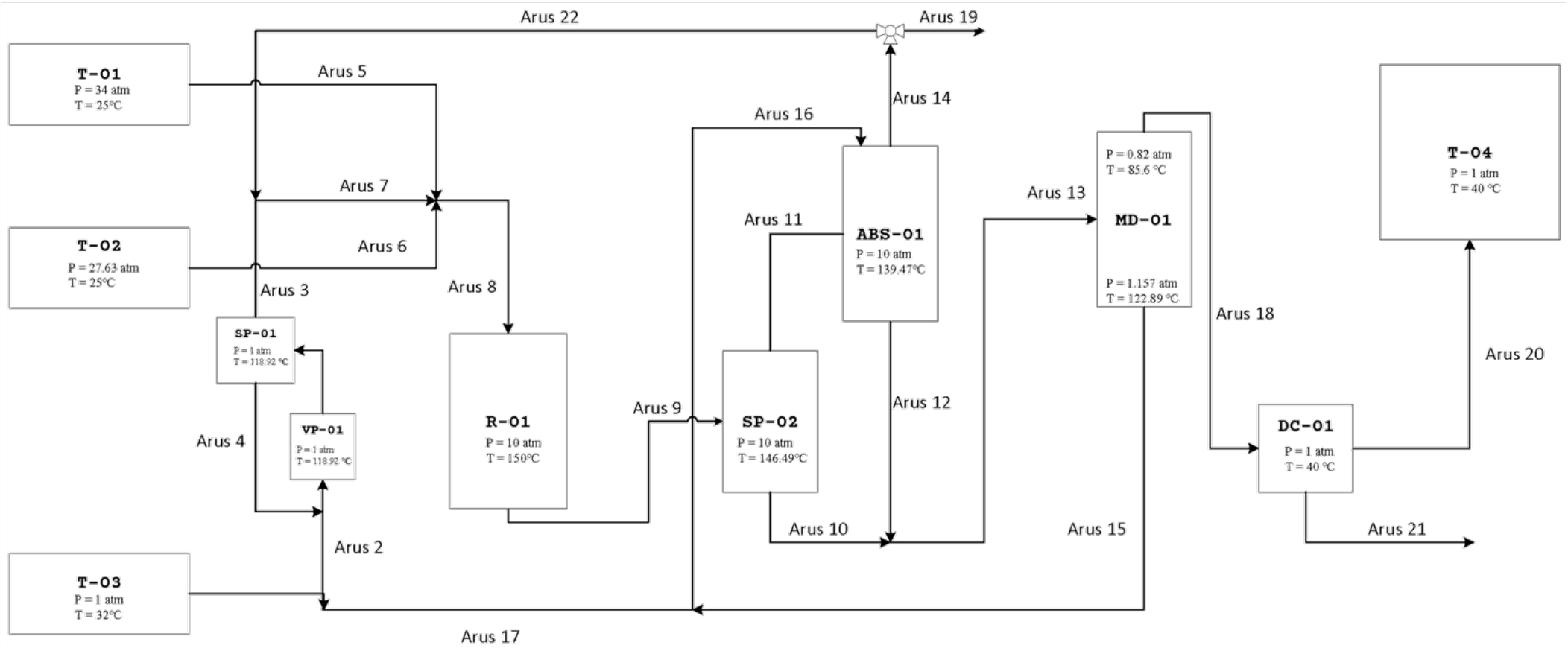
BAB III.PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



senyawa	arus																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
C2H4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.048,29	14.947,71	16.996,00	15.325,34	0,00	15.325,34	0,00	0,00	15.325,34	0,00	0,00	0,00	0,00	377,63	0,00	0,00	14.947,71
CH3COOH	3.398,68	15.598,68	15.598,68	3.899,67	0,00	0,00	15.600,00	15.600,00	12.208,44	12.084,99	123,45	6.222,09	18.307,08	1,36	18.300,00	6.100,00	12.200,00	7,08	0,03	0,00	7,08	1,32
O2	0,00	0,00	0,00	0,00	1.230,58	0,00	977,42	2.208,00	1.002,11	0,00	1.002,11	0,00	0,00	1.002,11	0,00	0,00	0,00	0,00	24,69	0,00	0,00	977,42
C4H6O2	0,00	1,09	1,09	0,31	0,00	0,00	2,23	2,23	4.863,47	4.570,11	293,35	292,72	4.862,84	1,17	1,63	0,54	1,09	4.861,21	0,03	4.824,21	37,00	1,14
H2O	2,04	36,55	36,55	9,14	0,00	0,00	36,68	36,68	1.167,20	1.125,74	4,46	58,59	1.184,33	0,12	51,77	17,26	34,51	1.132,56	0,00	22,91	1.109,65	0,12
CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62	11.002,73	11.004,34	11.280,69	0,00	11.280,69	0,00	0,00	11.280,69	0,00	0,00	0,00	0,00	277,97	0,00	0,00	11.002,73
total	3.400,72	15.636,32	15.636,32	3.909,13	1.230,58	2.049,90	42.566,77	45.847,25	45.847,25	17.780,84	28.066,41	6.573,41	24.354,25	27.610,81	18.353,40	6.117,80	12.235,60	6.000,85	680,36	4.847,12	1.153,73	26.930,45

3.2 Uraian Proses

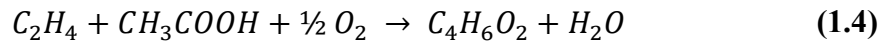
Reaksi pembentukan vinil asetat dapat dilakukan pada fase cair dan fase gas. Namun, reaksi fasa gas lebih baik dari pada fase cair karena menghasilkan produk dengan kemurnian yang lebih baik dan tidak banyak masalah korosi pada proses (Dimian, 2008).

Pada proses pembuatan vinil asetat, umpan berupa oksigen, etilen dan asam asetat yang masing-masing disimpan di dalam tangki T-01, T-02 dan T-03. Asam asetat dari tangki dicampur dengan asam asetat *recycle* yang berasal dari hasil bawah menara distilasi (MD-01). Campuran asam asetat tersebut kemudian diumpankan ke vaporizer (VP-01) untuk mengubah fase liquid menjadi fase gas. Setelah itu, tekanan asam asetat di naikkan sesuai dengan tekanan operasi reaktor dan dicampurkan gas *recycle* yang merupakan hasil atas dari menara absorpsi (ABS-01). Bahan baku tersebut kemudian di tambahkan dengan oksigen dan etilen bahan baku dicampur dengan arus *recycle* gas. Pada pencampuran gas ini, konsentrasi oksigen dikontrol dengan mengatur aliran oksigen masuk. Hal ini dilakukan agar konsentrasi oksigen yang masuk ke dalam reaktor tidak melebihi 8% mol campuran untuk menghindari risiko ledakan (Dimian, 2008). Suhu Campuran gas etilen, asam asetat, dan oksigen diturunkan dari 162.4 °C menjadi 150°C menggunakan *cooler* (CO-01) untuk menyesuaikan dengan kondisi operasi reaktor (R-01). Reaktor yang digunakan adalah reaktor fixed bed multitube, dengan menggunakan katalis Pd/Au/SiO₂ berdiameter 5 mm.

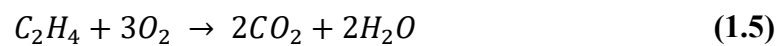
Reaktor ini beroperasi pada tekanan 10 atm dan 150°C, dengan konversi per pass etilen sebesar 9.83% dan konversi asam asetat sebesar 21.74%. Terdapat 2 Reaksi yang terjadi dalam reaktor, reaksi utamanya adalah reaksi pembentukan

vinil asetat monomer dan reaksi samping yang merupakan reaksi pembakaran etilen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

- Reaksi Pembentukan Vinil Asetat Monomer



- Reaksi Pembakaran Etilen



Produk keluaran reaktor adalah etilen, oksigen, nitrogen, karbondioksida, vinil asetat, asam asetat dan air. Selanjutnya, produk keluaran reaktor dialirkan ke unit pemisahan untuk pemurnian produk. Produk keluaran reaktor kemudian dialirkan menuju condenser parsial (CDP-01) untuk mengubah fasenya menjadi liquid. Setelah itu, produk yang terdiri atas 2 fase, yaitu fase gas (etilen, oksigen, karbondioksida) dan fase cair (vinil asetat, asam asetat dan air) dialirkan menuju separator (SP-02) untuk memisahkan fase gas dan fase cair.

Produk atas dari separator 2 (SP-02) ini adalah etilen, oksigen, karbondioksida dengan sedikit vinil asetat, air dan asam asetat, sedangkan produk bawahnya merupakan campuran vinil asetat, asam asetat, dan air. Produk atas yang merupakan campuran gas etilen, oksigen, karbondioksida dengan sedikit vinil asetat, air dan asam asetat dialirkan menuju menara absorpsi (ABS-01) untuk mengambil vinil asetat yang masih terikat dalam fasa gas. Selanjutnya, campuran gas ini di *recycle* kembali dan sebagian kecil gas dialirkan ke UPL dengan purging untuk mengantisipasi akumulasi gas inert CO₂ pada proses.

Produk bawah separator (SP-02) dicampur dengan arus hasil bawah menara absorpsi (ABS-01) yang kemudian didinginkan pada *cooler* (C-02) dan diturunkan tekanannya dari 10 atm menjadi 1 atm. Campuran vinil asetat, asam asetat, dan air kemudian dialirkan menuju menara distilasi (MD-01) dalam kondisi cair jenuh. proses distilasi pada menara distilasi (MD-01) menghasilkan produk atas berupa campuran vinil asetat, air dan sedikit asam asetat, sedangkan produk bawah merupakan asam asetat dengan sedikit campuran air dan vinil asetat. Asam asetat yang diperoleh sebagai produk bawah sebagian kecil dialirkan menuju menara absorpsi sebagai pelarut dan sebagian besar di *recycle* kembali dan dicampurkan dengan asam asetat fresh menuju vaporizer (VP-01).

Hasil atas dari proses distilasi yang masih ber fase gas diubah fasenya menjadi liquid dengan kondensor (CD-01) dan didinginkan menggunakan cooler (CO-03). Campuran vinil asetat monomer yang belum murni tersebut Kemudian dipompa menuju dalam decanter (DC-01) untuk dipisahkan dengan prinsip perbedaan massa jenis komponen. Produk atas keluaran decanter yang merupakan vinil asetat 99,5% kemudian akan dialirkan ke tangki penyimpanan produk (T-04). Produk bawah decanter (DC-01) merupakan campuran air dan sedikit asam asetat yang kemudian akan diolah di unit pengolahan limbah.

3.3 Spesifikasi Alat Proses

3.3.1 Tangki

Spesifikasi tangki proses dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Gas

Spesifikasi Tangki Gas		
Kode	T-01	T-02
Fungsi Tangki	Menyimpan oksigen	Menyimpan etilen
Jenis Tangki	<i>Spherical tank</i>	<i>Spherical tank</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Waktu Penyimpanan	1 hari	1 hari
Jumlah (buah)	1	1
Kapasitas (m ³)	956,2	3977,6
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	25	25
Tekanan (atm)	28	34.47
Spesifikasi		
Diameter (m)	8,48	13,63
Tebal (in)	0,25	0,3125

Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Liquid

Spesifikasi Tangki Liquid		
Kode	T-03	T-04
Fungsi Tangki	Menyimpan kebutuhan CH ₃ COOH untuk proses produksi selama 7 hari	Menyimpan vinil asetat monomer
Jenis Tangki	<i>Silinder vertikal flat bottom dan conical roof</i>	<i>Silinder vertikal flat bottom dan conical roof</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 240 type 316</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade c</i>

Waktu impan	14 hari	14 hari
Jumlah	1	2
Kapasitas (m ³)	1323,95	1076,1822
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	32	40
Tekanan (atm)	1	1
Spesifikasi		
Tebal Head (in)	0,5	0,6
Tinggi Head (m)	1,822	1,165
Tebal Bottom (in)	0,25	0,25
Tebal (in)		
1. Course 1	0,8	0,9
2. Course 2	0,6	0,9
3. Course 3	0,6	0,8
4. Course 4	0,6	0,8
5. Course 5	0,5	0,6
Diameter (m)	15,24	13,71
Tinggi Total(m)	9,137	8,480

3.3.2 Reactor

Spesifikasi reaktor yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini :

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi Reaktor	
Fungsi	Mereaksikan etilen, asam asetat dan oksigen, menghasilkan produk utama vinil asetat serta karbondioksida dan air sebagai produk samping.
Tipe	<i>Fixed bed multitube</i>
Jumlah	1 buah
Luas Transfer Panas	2778,6 m ²
Kondisi Operasi	
Tekanan Tube	10 atm
Tekanan Shell	1 atm
Suhu Masuk Reaktor :	150 °C
Suhu Keluar Reaktor:	150 °C
Pendingin	
Suhu masuk:	30 °C
Suhu keluar	90 °C
Massa Pendingin	59.043,17 kg/jam
Spesifikasi Tube	
Jumlah	3.175 buah
Panjang tube	7,3152 m
IDT	1,451 in
OD tube	1,5 in
susunan	<i>Triangular pitch 1 7/8-in</i>
Jumlah pass	1 Pass
material	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>
Spesifikasi shell	
ID Shell	2,82 m

Tebal	0,25 in
jumlah pass	1 Pass
Material	<i>Carbon steel SA-283 grade c</i>
Baffle space	2,1717 m
diameter	2,90 m
Tebal Isolasi	0,11 m
Diameter reaktor + isolasi	3,01 m
Spesifikasi Head	
Bentuk Head	<i>Torispherical head</i>
Tebal Head	0,250 in
Tinggi Head	0,55 m
Tinggi Total Reaktor	8,42 m
Volume Head	0,48 m ³
Volume total Reaktor	46,10 m ³
Pipa Pendingin	
Masuk	
ID	7,981 in
OD	8,625 in
Keluar	
ID	7,981 in
OD	8,625 in
Pipa Reaktan	
Masuk	
ID	17,25 in
OD	18 in
Keluar	
ID	6,065 in
OD	6,625 in

3.3.3 Separator

Spesifikasi separator yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.4 di bawah ini :

Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor yang digunakan

Spesifikasi Separator		
Kode	SP-01	SP-02
Fungsi	Memisahkan fasa uap dan cair hasil keluaran dari VP-01	Memisahkan fasa uap dan cair hasil keluaran dari CDP-01
Jumlah	1 alat	1 alat
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>	
Jenis	Flash drum silinder vertikal dengan alas dan tutup <i>Torispherical dished heads</i>	
Kondisi Operasi		
Suhu Operasi (°C)	118	146,49
Tekanan Operasi (atm)	1	9,87
Spesifikasi		
Tebal Shell (in)	0,1875	0,625
Tinggi Head (in)	7,27	10,58
Tebal Head (in)	0,25	1,13
Diameter (m)	0,83	1,25
Tinggi Total (m)	3,64	5,47

3.3.4 Absorber

Spesifikasi menara absorber yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada

Tabel 3.5 di bawah ini :

Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Absorber

Spesifikasi Absorber	
Kode	ABS-01
Fungsi	Menyerap vinil asetat yang ikut keluar dari SP-02
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>
Tipe	<i>Packed column</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan Operasi	9,87 atm
Tekanan Desain	11,844 atm
Temperatur Operasi	139,44 °C
Dimensi Tangki	
Tipe	<i>Cylinder shells</i>
Volume Tangki	2,80 m ³
Diameter Tangki	2,36 m
Tinggi Tangki	14,14 m
Tebal Shell	0,75 in
Tipe Head	<i>Torispherical dished head</i>
Tinggi Head	0,55 m
Tebal Head	0,75 in
Tinggi Bottom	0,55 m
Tebal Bottom	0,75 in
Packing	
Tipe	<i>Rached Rings ceramics 13 mm</i>
Diameter rached rings	0,013 m
Tinggi Packing	5,34 m

3.3.5 Menara Distilasi

Spesifikasi menara distilasi yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada

Tabel 3.6 di bawah ini :

Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi

Spesifikasi Menara Distilasi	
Kode	MD - 01
Fungsi	Untuk memisahkan komponen H ₂ O, vinil asetat dengan asam asetat sebagai hasil bottom
Tipe	<i>Plate tower (sieve tray) dengan torispherical head</i>
Material Konstruksi	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>
Jumlah	1 alat
Kondisi Operasi Umpan Menara	
Tekanan	1 atm
Suhu	105 °C
Kondisi Operasi Puncak Menara	
Tekanan	0,8166 atm
Suhu	85,6 °C
Kondisi Operasi Dasar Menara	
Tekanan	1,1568 atm
Suhu	122,9 °C
Plate	
Jumlah Plate	21 buah
Panjang Weir	1,52 m
Diameter Hole	0,0050 m
Tebal Tray	0,0030 m
Jumlah Lubang	12481 buah
Dimensi Menara	
Tinggi Menara	15,8 m
Diameter	2,03 m
Tebal <i>Shell</i>	0,1875 in

Dimensi Head	
Tebal Head	0,2500 in
Tinggi Head	15,0629 in
Ukuran Pipa Pemasukan Umpa	
ID	2,469 in
OD	2,88 in
Ukuran Pipa Pengeluaran Uap Puncak	
ID	23,25 in
OD	24 in
Ukuran Pipa Pengeluaran Reflux Menara	
ID	7,981
OD	8,625
Ukuran Pipa Pengeluaran Dasar Menara	
ID	2,469 in
OD	2,88 in
Ukuran Pipa Pengeluaran Vapor Reboiler	
ID	23,25 in
OD	24 in

3.3.6 Decanter

Spesifikasi *decanter* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.7 di bawah ini :

Tabel 3.7 Spesifikasi *Decanter*

Spesifikasi	
Kode	DC-01
Fungsi	Memisahkan fase ringan (VAM) dan fase berat (Air) yang keluar dari accumulator (ACC-01)
Jenis Alat	<i>Decanter</i> silinder horizontal
Jenis Bahan	<i>Carbon steel sa-283 grade c</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi Operasi	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	40 °C
Dimensi <i>Decanter</i>	
Diameter :	0,89 m
Tebal <i>shell</i> :	0,1875 in
Tebal <i>head</i> :	0,1875 in
Panjang <i>decanter</i> :	2,044 m
Waktu tinggal :	10 menit
Pipa	
Diameter pipa umpan :	1,66 in
Tinggi pipa umpan :	0,45 m
Diameter pipa fase ringan :	0,54 in
Tinggi pipa fase ringan :	0,802 m
Diameter pipa fase berat :	0,675 in
letak pipa fase berat :	1,198 m dari kiri <i>decanter</i>

3.3.7 Vaporizer

Spesifikasi *vaporizer* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.8 di bawah ini :

Tabel 3.8 Spesifikasi *Vaporizer*

Spesifikasi	
Kode	VP-01
Fungsi	Mengubah fase asam asetat menjadi gas
Jenis Alat	<i>Kettle vaporizer</i>
Jenis Bahan	<i>Stainless steel sa 299 grade 3 type 304</i>
Jumlah	1 unit
<i>Shell Side</i>	<i>Cold fluid (asam asetat)</i>
<i>Tube Side</i>	<i>Saturated steam</i>
Luas Transfer Panas	200,75 m ²
Kondisi Operasi	
Tin	3.044 Kg/jam
<i>tube</i>	134,00 °C
<i>shell</i>	107,76 °C
Tout	
<i>Tube</i>	134,00 °C
<i>Shell</i>	122,89 °C
Tekanan	
<i>shell</i>	1,156782 atm
<i>Tube</i>	3 atm
Spesifikasi <i>Shell</i>	
Kapasitas	19,545.45 kg/jam
ID <i>Shell</i>	0,98 m
panjang (L)	4,877 m
<i>Pass Shell</i>	2
<i>Baffle Space</i>	0,733 m
Tebal Isolasi	7,183 cm

Spesifikasi tube	
jumlah tube (Nt)	753
Pass tube (nt)	4
<i>pitch tube</i>	1,25 Triangular
BWG	12
OD tube	1 inch
ID tube	0,782 inch
Pressure Drop	0,0063 psi
Beban Panas	6.894.885 kJ/jam

3.3.8 Condenser Parsial

Spesifikasi *condenser* parsial yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.9 di bawah ini :

Tabel 3.9 Spesifikasi *Condenser* Parsial

Spesifikasi		
Kode :	CDP-01	
Fungsi :	Mengubah fase asam asetat, air dan vinil asetat menjadi liquid	
Jenis Alat :	<i>Shell and Tube Condenser</i>	
Jenis Bahan :	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	
Jumlah :	1 unit	
Shell Side :	<i>Hot fluid</i> (produk keluaran reactor)	
Tube Side :	<i>Cold fluid</i> (water)	
Luas Transfer Panas :	220,65 m ²	
Kondisi Operasi		
Tin		
<i>Tube</i> :	30,00	
<i>Shell</i> :	150,00	°C
Tout		
<i>Tube</i> :	90,00	°C

<i>Shell</i> :	146,49	°C
Tekanan		
<i>Shell</i> :	10	atm
<i>Tube</i> :	1	atm
Spesifikasi <i>Shell</i>		
Kapasitas :	45.847,25	kg/jam
ID <i>Shell</i> :	1,0414	m
panjang (L) :	3,6576	m
<i>Baffle</i> :	0.7811	m
<i>Pass Shell</i> :	1	
<i>Pressure Drop</i> :	0,1062	psi
Spesifikasi <i>Tube</i>		
Kapasitas :	38.433,03	kg/jam
jumlah <i>tube</i> (Nt) :	757	buah
<i>Pass tube</i> (nt) :	2	
<i>pitch tube</i> :	1 1/4	Triangular
BWG :	18,00	
OD <i>tube</i> :	1	inch
ID <i>tube</i> :	0,902	inch
<i>Pressure Drop</i> :	0,0001	psi

3.3.9 Condenser Total

Spesifikasi *Condenser* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.10 di bawah ini :

Tabel 3.10 Spesifikasi *Condenser* Total

Spesifikasi	
Kode	CD-01
Fungsi	Mengkondensasikan hasil atas MD-01
Jenis Alat	Shell and Tube
Jumlah	1 unit
<i>Shell Side</i>	Fluida panas hasil atas md
<i>Tube Side</i>	<i>Cold fluid (water)</i>
Luas Transfer Panas	285,841 m ²
Kondisi Operasi	
Tin	
<i>Tube</i>	30 °C
<i>Shell</i>	85,60 °C
Tout	
<i>Tube</i>	50 °C
<i>Shell</i>	79,15 °C
Tekanan	
<i>Shell</i>	0,816552 atm
<i>Tube</i>	1 atm
Spesifikasi Shell	
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
<i>Id Shell</i>	0,973 m
Panjang (L)	4,876 m
<i>Baffle</i>	0,73 m
<i>Pass Shell</i>	1
<i>Pressure Drop</i>	7,23 psi

Spesifikasi Tube	
<i>Bahan</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Jumlah Tube (Nt)	735 buah
<i>Pass Tube</i> (Nt)	1
<i>Pitch Tube</i>	1 ¼ <i>Triangular</i>
BWG	14
OD Tube	1 in
ID Tube	0,834 in
<i>Pressure Drop</i>	0,246 psi

3.3.10 Reboiler

Spesifikasi *reboiler* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.11 di bawah ini :

Tabel 3.11 Spesifikasi *Reboiler*

Spesifikasi	
Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi
Jenis Alat	<i>Kettle reboiler (shell and tube)</i>
Jumlah	1 unit
<i>Shell Side</i>	<i>Cold fluid</i> (hasil bawah MD-01)
<i>Tube Side</i>	Fluida panas (<i>steam</i>)
Luas Transfer Panas	417,54 m ²
Kondisi Operasi	
Tin	
<i>Tube</i>	134 °C
<i>Shell</i>	122,89 °C
Tout	
<i>Tube</i>	134 °C
<i>Shell</i>	123,02 °C

Tekanan	
<i>Shell</i>	1,156782 atm
<i>Tube</i>	3,00 atm
Spesifikasi Shell	
Bahan	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>
<i>Id Shell</i>	1,5281305 m
Panjang (L)	3,6576 m
<i>Baffle</i>	1,1460978 m
<i>Pass Shell</i>	1
<i>Pressure Drop</i>	- psi
Tebal <i>Isolator</i>	8,362 cm
Spesifikasi Tube	
Bahan	<i>Stainless steel SA 299 grade 3 type 304</i>
Jumlah <i>Tube</i> (Nt)	1145 buah
<i>Pass Tube</i> (Nt)	1
<i>Pitch Tube</i>	1,5625 Triangular
OD <i>Tube</i>	1,25 inch
ID <i>Tube</i>	1,08 inch
<i>Pressure Drop</i>	0,8800 psi

3.3.11 Kompresor

Spesifikasi kompresor yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel

3.12 di bawah ini :

Tabel 3.12 Spesifikasi Kompresor

Spesifikasi	
Kode	CP-01
Fungsi	Menaikkan tekanan gas keluaran SP-01
Jenis	<i>Reciprocating compressor</i>
Jumlah	2
Kapasitas	1043,70 m ³ /jam

Kondisi Operasi	
Suhu Masuk Gas	122,89 °C
Suhu Keluar	226,76 °C
Tekanan Masuk	1,16 atm
Tekanan Keluar	10,00 atm
Jumlah <i>Stage</i>	1
Power Kompresor	125 HP

3.3.12 Akumulator

Spesifikasi akumulator yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.13 di bawah ini :

Tabel 3.13 Spesifikasi Akumulator

Spesifikasi	
Kode	ACC - 01
Fungsi	Menampung distilat dari CD-01
Tipe	<i>Horizontal drum</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi Operasi	
- Tekanan	0,8166 atm
- Suhu	79,1505 °C
- Kapasitas	7,2071 m ³
Drum / Shell	
- Diameter	1,4360 m
- Panjang	4,3079 m
- Tebal	0,1875 In
- Material	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Head	
- Panjang	0,3163 m
- Tebal	0,1875 in
- Material	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>

3.3.13 Heater

Spesifikasi *heater* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.14 di bawah ini :

Tabel 3.14 Spesifikasi *Heater*

Spesifikasi		
Kode	HE-01	HE-02
Fungsi	Memanaskan gas O ₂ sebelum ke tangki	Memanaskan gas C ₂ H ₄ sebelum ke tangki
Tipe	<i>Double pipe heat exchanger</i>	
Jenis Bahan	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	
Jumlah <i>Hairpins</i> (buah)	6	7
Panjang Pipa (ft)	12	12
<i>Tube</i>	O ₂ gas	C ₂ H ₄ gas
<i>Annulus</i>	<i>Saturated Steam</i>	<i>Saturated Steam</i>
Kondisi Operasi		
Tin		
- <i>Tube</i> (°C)	25	25
- <i>Annulus</i> (°C)	134,04	134,04
Tout		
- <i>Tube</i> (°C)	78,96	71,13
- <i>Annulus</i> (°C)	134,04	134,04
Tekanan		
- <i>Tube</i> (atm)	34.47	28
- <i>Annulus</i> (atm)	3	3
<i>Cold Fluid: Inner Pipe</i>		
IPS (in)	1,250	3,000
<i>Flow Area</i> (in ²)	1,500	7,380
OD (in)	1,660	3,500
ID (in)	1,380	3,068
<i>Surface Area</i> (ft ² /ft)	0,435	0,917

Hot Fluid: Annulus (Steam)		
IPS (in)	2	4
Flow Area (in ²)	1,19	3,14
OD (in)	2,38	4,5
ID (in)	2,0670	4,026
Surface Area (ft ² /ft)	0,622	1,176
A (ft ²)	44,784	98,784

3.3.14 Cooler

Spesifikasi *cooler* yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.15 di bawah ini :

Tabel 3.15 Spesifikasi *Cooler*

Spesifikasi			
Kode	CO-01	CO-02	CO-03
Fungsi	Menurunkan temperatur inlet reaktor (R-01)	Menurunkan temperatur inlet menara distilasi (MD-01)	Menurunkan temperatur outlet akumulator (ACC-01)
Jenis Pompa	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Stainless steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA-167 type 316</i>	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah Hairpin	4	9	12
Annulus	<i>Cold Water</i>	<i>Cold Water</i>	<i>Cold Water</i>
Kondisi Operasi			
Tin			
Tube (°C)	163,89	144,624	79,15
Annulus (°C)	30	30	30
Tout			
Tube (°C)	150	104,637	40

<i>Annulus</i> (°C)	50	50	40
Tekanan			
<i>tube</i> (atm)	10	10	0,816552
<i>Annulus</i> (atm)	1	1	1
<i>Annulus</i>			
IPS (in)	4	3	3
OD (in)	4,5	3,5	3,5
ID (in)	4,026	3,068	3,068
<i>Surface Area</i> (ft ³ /ft)	1,1780	0,9170	0,9170
Panjang (ft)	24	16	16
<i>Inner Pipe</i>			
IPS (in)	3	2	2
OD (in)	3,5	2,38	2,38
ID (in)	3,068	2,067	2,067
<i>Surface Area</i> (ft ³ /ft)	0,917	0,622	0,622
Panjang (ft)	24	16	16
A (ft ²)	85,1	102,704	176,06

3.3.15 Pompa

Spesifikasi pompa yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 3.16 di bawah ini :

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa Proses

Parameter	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5
Kode Alat	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan asam asetat dari tangki 3 (T-03)	Memompa sebagian hasil bawah menara distilasi menuju menara absorpsi	Mengalirkan produk di akumulator (ACC-01) menuju <i>decanter</i> (DC-01)	Mengalirkan distilat di akumulator (ACC-01) menuju menara distilasi (MD-01) sebagai <i>reflux</i>	Mengalirkan Produk produk dari <i>decanter</i> (ACC-01) menuju tangki 4 (T-04)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>				
Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel</i>				
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>				
Kapasitas (gpm)	17.367	34,6757	34.1980	153.8800	28.1640
Tekanan Input (atm)	1	1	0.817	0.817	1
Tekanan Output (atm)	1.16	10	1	1	1
Suhu Operasi (°C)	33	122.89	40	79.15	40
<i>Total Head</i> (m)	0.667	132.6988	6.83	7.748	149.8747
Efisiensi motor (%)	70	86	75	81	85
Daya motor (Hp)	0.050	10	0.5	2.0	7.5

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.17 Neraca Massa Total Pabrik

komponen	Input			output		
	Arus 1	Arus 5	Arus 6	Arus 19	Arus 20	Arus 21
C ₂ H ₄	0,00	0,00	2.048,29	377,63	0,00	0,00
CH ₃ COOH	3.398,68	0,00	0,00	0,03	0,00	7,08
O ₂	0,00	1.230,58	0,00	24,69	0,00	0,00
C ₄ H ₆ O ₂	0,00	0,00	0,00	0,03	4.824,21	37,00
H ₂ O	2,04	0,00	0,00	0,00	22,91	1.109,65
CO ₂	0,00	0,00	1,62	277,97	0,00	0,00
sub total	3.400,72	1.230,58	2.049,90	680,36	4.847,12	1.153,73
total	6.681,20			6.681,20		

3.4.2 Neraca Massa Separator 1 (SP-01)

Tabel 3.189 Neraca Massa di SP-01

komponen	Input	Output	
	Arus 2	Arus 3	Arus 4
C ₂ H ₄	0,00	0,00	0,00
CH ₃ COOH	19.498,35	15.598,68	3.899,67
O ₂	0,00	0,00	0,00
C ₄ H ₆ O ₂	1,40	1,09	0,31
H ₂ O	45,70	36,55	9,14
CO ₂	0,00	0,00	0,00
subtotal	19.545,45	15.636,32	3.909,13
total	19.545,45	19.545,45	

3.4.3 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3.19 Neraca Massa di R-01

Komponen	Input	Output
	Arus 8	Arus 9
C ₂ H ₄	16.996,00	15.325,34
CH ₃ COOH	15.600,00	12.208,44
O ₂	2.208,00	1.002,11
C ₄ H ₆ O ₂	2,23	4.863,47
H ₂ O	36,68	1.167,20
CO ₂	11.004,34	11.280,69
total	45.847,25	45.847,25

3.4.4 Neraca Massa Separator 2 (SP-02)

Tabel 3.20 Neraca Massa di SP-02

komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C ₂ H ₄	15.325,34	0,00	15.325,34
CH ₃ COOH	12.208,44	12.084,99	123,45
O ₂	1.002,11	0,00	1.002,11
C ₄ H ₆ O ₂	4.863,47	4.570,11	293,35
H ₂ O	1.167,20	1.125,74	41,46
CO ₂	11.280,69	0,00	11.280,69
sub total	45.847,25	17.780,84	28.066,41
total	45.847,25	45.847,25	

3.4.5 Neraca Massa Absorber (ABS-01)

Tabel 3.21 Neraca Massa di ABS-01

komponen	Input		output	
	Arus 11	Arus 16	Arus 14	Arus 12
C ₂ H ₄	15.325,34	0,00	15.325,34	0,00
CH ₃ COOH	123,45	6.100,00	1,36	6.222,09
O ₂	1.002,11	0,00	1.002,11	0,00
C ₄ H ₆ O ₂	293,35	0,54	1,17	292,72
H ₂ O	41,46	17,26	0,12	58,59
CO ₂	11.280,69	0,00	11.280,69	0,00
subtotal	28.066,41	6.117,80	27.610,81	6.573,41
total	34.184,21		34.184,21	

3.4.6 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 3.22 Neraca MD-01

komponen	Input			output	
	Arus 13	Reflux	Reboiler	Arus 18	Arus 15
C ₂ H ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CH ₃ COOH	18.307,08	30,18	37.384,49	37,26	55.684,49
O ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C ₄ H ₆ O ₂	4.862,84	20.712,14	3,34	25.573,35	4,97
H ₂ O	1.184,33	4.825,50	105,75	5.958,06	157,52
CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
subtotal	24.354,25	25.567,82	37.493,58	31.568,67	55.846,98
total	87.415,65			87.415,65	

3.4.7 Neraca Massa *Decanter* 1 (DC-01)

Tabel 3.23 Neraca Massa DC-01

komponen	Input	Output	
	Arus 18	Arus 20	Arus 21
C ₂ H ₄	0,00	0,00	0,00
CH ₃ COOH	7,08	0,00	7,08
O ₂	0,00	0,00	0,00
C ₄ H ₆ O ₂	4.861,21	4.824,21	37,00
H ₂ O	1.132,56	22,91	1.109,65
CO ₂	0,00	0,00	0,00
subtotal	6.000,85	4.847,12	1.153,73
total	6.000,85	6.000,85	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3.24 Neraca Panas R-01

Komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q Umpan	7.486.711	-
Q Produk	-	7.576.532,33
Q Reaksi	14.887.684,14	-
Q Pendingin	-	14.797.863
Total	22.374.395	22.374.395

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

Tabel 3.2510 Neraca Panas VP-01

Komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q Vaporizing		6.241.487
Qinput	3.685.696	
Quap keluar		1801573,17
Q cair keluar		868.884,16
Q pemanas	5.226.248	
Total	8.911.944	8.911.944

3.5.3 Neraca Panas *Separator 1 (SP-01)*

Tabel 3.26 Neraca Panas SP-01

komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q umpan	2.669.785,87	
Q produk atas		1.801.041,29
Q produk bawah		868.744,57
Q total	2.669.785,87	2.669.785,87

3.5.4 Neraca Panas *Separator 2 (SP-02)*

Tabel 3.27 Neraca Panas SP-02

komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q umpan	5.784.730,81	-
Qout Gas	-	4.691.003,91
Qout Cair	-	1.093.726,90
Total	5.784.730,81	5.784.730,81

3.5.5 Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.28 Neraca Panas MD-01

komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q umpan	4.407.324,28	-
Q distilat	-	752.198,47
Q bottom	-	4.081.199,67
Q reboiler	18.837.512,62	-
Q kondensor	-	18.411.438,75
Total	23.244.836,89	23.244.836,89

3.5.6 Neraca Panas *Decanter* 1 (DC-01)

Tabel 3.29 Neraca Panas DC-01

komponen	Qinput (kj/jam)	Q output (kj/jam)
Q umpan	204.806,3176	-
Qout produk	-	133.838,4323
Qout Hasil Bawah	-	70.967,8852
Total	204.806,3176	204.806,3176

BAB IV. PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik akan sangat mempengaruhi dalam penentuan kelangsungan produksi serta laba yang diperoleh. Lokasi pembuatan suatu pabrik harus dipilih dengan berbagai pertimbangan. Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik serta memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Lokasi pabrik yang tepat juga memberikan kemudahan dalam pengoperasian dan distribusi dari produk yang akan dihasilkan. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik mencakup pengadaan bahan baku, penyediaan bahan pendukung dan utilitas pabrik, serta kemudahan lainnya.



Gambar 4.1 Perencanaan Lokasi Pabrik Vinil Asetat (Google Earth)

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik agar secara teknis dan ekonomis pabrik yang didirikan akan menguntungkan. Faktor tersebut antara lain: sumber bahan baku, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, tinggi rendahnya pajak, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, serta juga harus mempertimbangkan kebijaksanaan pemerintah. Pabrik vinil asetat direncanakan akan didirikan di lokasi yang termasuk ke dalam Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten. Pemilihan ini dimaksudkan untuk mendapatkan keuntungan secara teknis maupun ekonomis. Adapun keuntungan dipilihnya lokasi di Cilegon adalah adanya faktor-faktor berikut:

4.1.1 Faktor Primer

a. Bahan Baku

Bahan baku pabrik vinil asetat yaitu etilen (C_2H_4) disuplai dari PT Chandra Asri Petrochemical Center (PT. CAPC), yang terletak di desa Sugih, Cilegon. Sedangkan oksigen diperoleh dari PT Air Liquide yang juga terletak di Cilegon. Pabrik ini direncanakan didirikan di Kawasan Industri Cilegon agar mempermudah dalam penyediaan bahan baku, terutama etilen dan oksigen yang merupakan bahan yang mudah terbakar. Selain itu, lokasi ini dekat dengan Sumber air sehingga mempermudah proses Proses produksi. Untuk meningkatkan efektifitas kerja dan menekan biaya produksi, maka kota Cilegon sebagai lokasi pendirian pabrik adalah lokasi yang tepat.

b. Pemasaran

Cilegon berada di kawasan industri Tangerang, Serang dan Merak yang padat dengan industri kimia sebagai pasar potensial. Mengingat bahan yang diproduksi

merupakan bahan antara, yang merupakan bahan baku polimer, maka Cilegon dirasa merupakan tempat yang strategis bagi produksi vinil asetat. Daerah Cilegon juga menjadi lokasi transportasi besar sehingga industri besar akan melirik produk ini dikarenakan kemudahan transportasinya.

c. Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan adalah keperluan tenaga listrik, air dan bahan bakar. Karena daerah Cilegon merupakan kawasan industri maka kebutuhan utilitas dapat dipenuhi dengan mudah dan murah oleh industri sekitarnya. Kebutuhan air utilitas dibeli dari pabrik penyedia air di kawasan industri yaitu PT Krakatau Tirta Industri yang memang menyediakan air utilitas industri. Untuk kebutuhan daya listrik, disuplai dari PT Krakatau Daya Listrik dan bila kurang memenuhi menggunakan daya tambahan dari PLN. Kebutuhan bahan bakar pabrik dapat dipenuhi dari PT Pertamina depot Banten.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Saat ini banyak tenaga kerja terampil dan terdidik yang membutuhkan lapangan pekerjaan. Hal ini juga dapat mengurangi jumlah pengangguran yang ada. Lokasi daerah Cilegon yang merupakan daerah industri juga mempengaruhi dimana tenaga kerja daerah industri akan lebih profesional dan terlatih.

e. Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor terpenting dalam pemilihan lokasi. Distribusi bahan baku dan juga pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat maupun laut. Daerah Cilegon merupakan daerah industri yang strategis karena

memiliki akses darat dan laut sehingga mempermudah transportasi bahan baku dan produk baik secara domestic maupun internasional. Transportasi darat bahan baku yang dikirim melalui jalur darat menuju Cilegon juga cukup mudah karena adanya fasilitas jalan tol dan arus transportasi yang lancar. Letak Cilegon dengan kawasan industri Merak dan Tangerang juga memudahkan dalam pemasaran produk.

4.1.2 Faktor Sekunder

a. Buangan Pabrik

Lokasi pabrik buangan limbah cair yang mengandung larutan kimia diolah terlebih dahulu di water waste treatment sebelum dialirkan ke laut.

b. Kebijakan Pemerintah

Daerah Cilegon yang merupakan daerah industri mempermudah pendirian pabrik dikarenakan pemerintah daerah yang sudah terbiasa dengan pendirian pabrik di daerah tersebut. Pemerintah Cilegon yang ingin meningkatkan kondisi perindustrian daerah ini juga akan diuntungkan dengan adanya pendirian pabrik baru ini. Oleh karena itu maka pendirian pabrik ini akan mendapat dukungan dari pemerintah baik pusat maupun daerah, sehingga fasilitas dan perijinan pendirian pabrik akan dipermudah.

c. Tanah dan Iklim

Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) telah menyediakan tanah yang relatif luas sehingga memungkinkan adanya perluasan pabrik di masa yang akan datang. Kondisi iklim di Cilegon seperti iklim di Indonesia pada umumnya dan tidak membawa pengaruh yang besar terhadap jalannya proses produksi. Kontur

tanah yang cukup stabil pada lahan dan jarang terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, banjir, dan tanah longsor juga memudahkan operasional pabrik ini.

d. Keadaan Masyarakat

Masyarakat di daerah industri akan terbiasa untuk menerima kehadiran suatu pabrik di daerahnya, selain itu masyarakat juga akan dapat mengambil keuntungan dengan pendirian pabrik ini, antara lain dengan adanya lapangan kerja yang baru maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik

Layout pabrik merupakan suatu pengaturan atau penyusunan peralatan proses dan fasilitas pabrik lainnya, sedemikian rupa sehingga pabrik dapat berfungsi dengan efektif, efisien, dan aman. Tata letak pabrik yang baik bertujuan agar :

- Mempermudah arus masuk dan keluar area pabrik.
- Proses pengolahan bahan baku menjadi produk lebih efisien.
- Mempermudah penanggulangan bahaya yang mungkin terjadi seperti kebakaran, ledakan dll.
- Mencegah terjadinya polusi.
- Memudahkan pemasangan, pemeliharaan, dan perbaikan.
- Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan hasil yang maksimum.

Untuk mencapai hasil yang optimal, maka hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

- Pabrik vinil asetat monomer ini merupakan pabrik baru sehingga dalam tata letak pabrik tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.

- Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa mendatang.
- Faktor keamanan, terutama bahaya kebakaran sangat penting maka dalam merencanakan layout selalu diusahakan untuk memisahkan sumber api dan panas dari sumber bahan baku yang mudah meledak. Unit – unit yang ada dikelompokkan agar memudahkan pengalokasian bahaya kebakaran yang mungkin terjadi.
- Sistem konstruksi yang direncanakan adalah out door untuk menekan biaya bangunan gedung, sedangkan jalannya proses dalam pabrik tidak dipengaruhi oleh perubahan musim.
- Fasilitas untuk karyawan seperti masjid, kantin, parkir, dan sebagainya diletakkan strategis sehingga tidak mengganggu jalannya proses.
- Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian pengaturan ruangan/lahan.

Secara garis besar layout dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

1) Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol

Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual.

2) Daerah proses

Merupakan daerah dimana alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

3) Daerah penyimpanan bahan baku dan produk

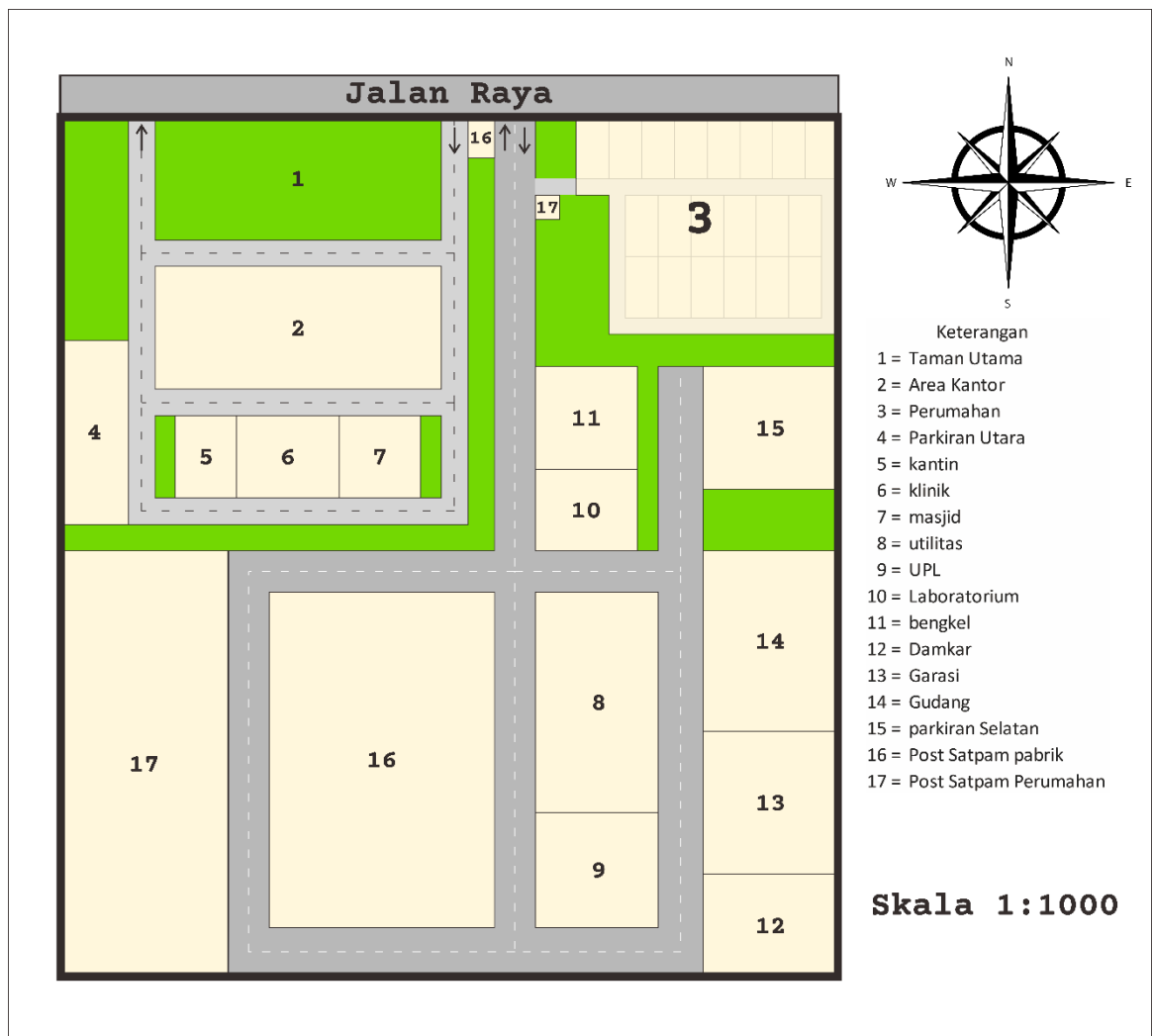
Merupakan daerah untuk tempat bahan baku dan produk.

4) Daerah gudang, bengkel dan garasi

Merupakan daerah yang digunakan untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.

5) Daerah utilitas

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan.



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik Vinil asetat

Rincian luas bangunan pada pabrik adalah sebagai berikut

No	Jenis bangunan	L × P (m)	Luas Bangunan m ²
1	Area Kantor	30 × 70	2100
2	Perumahan	64 × 53	2400
3	Parkiran Utara	16,5 × 45	742.5
4	Kantin	15 × 20	300
5	Klinik	25 × 20	500
6	Masjid	20 × 20	400
7	Utilitas	30 × 54	1620
8	UPL	30 × 28	840
9	Laboratorium	25 × 20	500
10	Bengkel	25 × 25	625
11	Damkar	33 × 25	825
12	Garasi	33 × 35	1155
13	Gudang	33 × 44	1452
14	Parkiran Selatan	33 × 30	990
15	Pos Satpam Pabrik	6,5 × 10	65
16	Pos Satpam Perumahan	6 × 6	36
Luas Bangunan			14550.5
Luas Lahan Total			39900

--

4.3 Tata Letak Alat Proses

Layout peralatan proses adalah tempat dimana alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak peralatan proses pada prarancangan pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 2.4. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan layout peralatan proses pada pabrik Vinil Asetat Monomer, antara lain (Vilbrandt, 1959):

1. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar peralatan proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.

2. Cahaya

Penerangan sebuah pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat prose yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.

3. Lalu lintas manusia

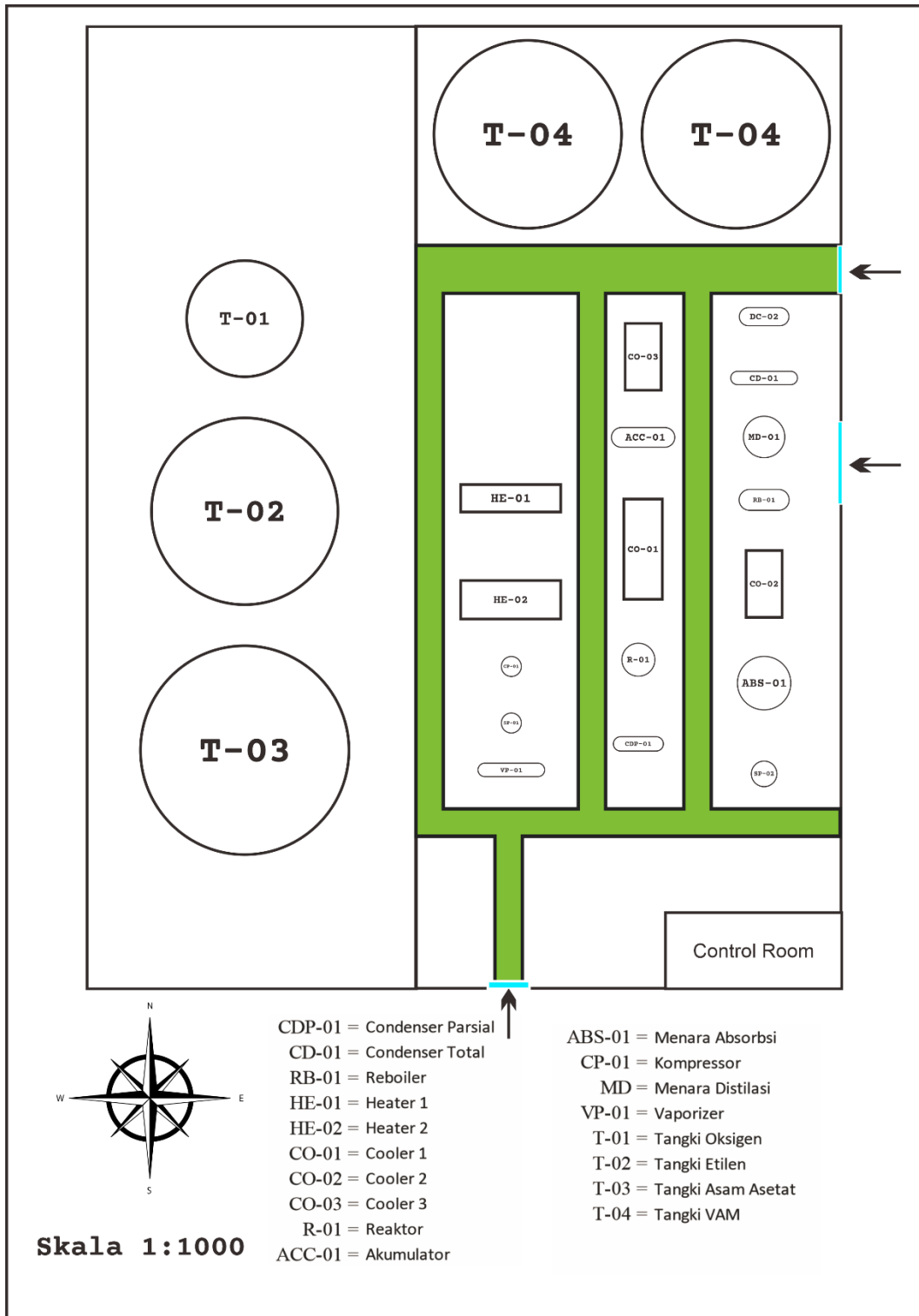
Dalam perancangan layout peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga di prioritaskan.

4. Pertimbangan ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.

5. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Pabrik Vinil Asetat

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada pra-rancangan pabrik vinil asetat monomer ini adalah perseroan terbatas (PT). PT merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham, tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan dari 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 saham. Pabrik yang akan didirikan, direncanakan mempunyai :

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lapangan Usaha	: Industri Vinil Asetat Monomer
Lokasi Perusahaan	: KIEC, Cilegon, Banten

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan beberapa faktor yaitu:

1. Mudah mendapatkan modal dengan cara menjual saham di pasar modal atau perjanjian tertutup dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.
2. Tanggung jawab pemegang saham bersifat terbatas, artinya kelancaran produksi hanya akan ditangani oleh direksi beserta karyawan sehingga gangguan dari luar dapat dibatasi.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya, dan karyawan perusahaan.

4. Mudah mendapat kredit bank dengan jaminan perusahaan.
5. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
6. Efisiensi dari manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
7. Lapangan usaha lebih luas, suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
8. Merupakan bidang usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi
9. Mudah bergerak di pasar modal

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Struktur organisasi terdiri dari 3 macam yaitu:

1. Line System

Sistem ini digunakan pada perusahaan kecil dimana pemilik perusahaan sebagai pemegang komando tertinggi dan memberi perintah secara langsung kepada bawahannya.

2. *Line and Staff System*

Sistem ini digunakan pada sebagian besar perusahaan. Garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja.

3. *Functional System*

Sistem ini menempatkan setiap karyawan pada bidangnya masing-masing sesuai keahlian. Wewenang karyawan terbatas pada bidang keahliannya. Biasanya struktur ini digunakan pada perusahaan besar dan kompleks.

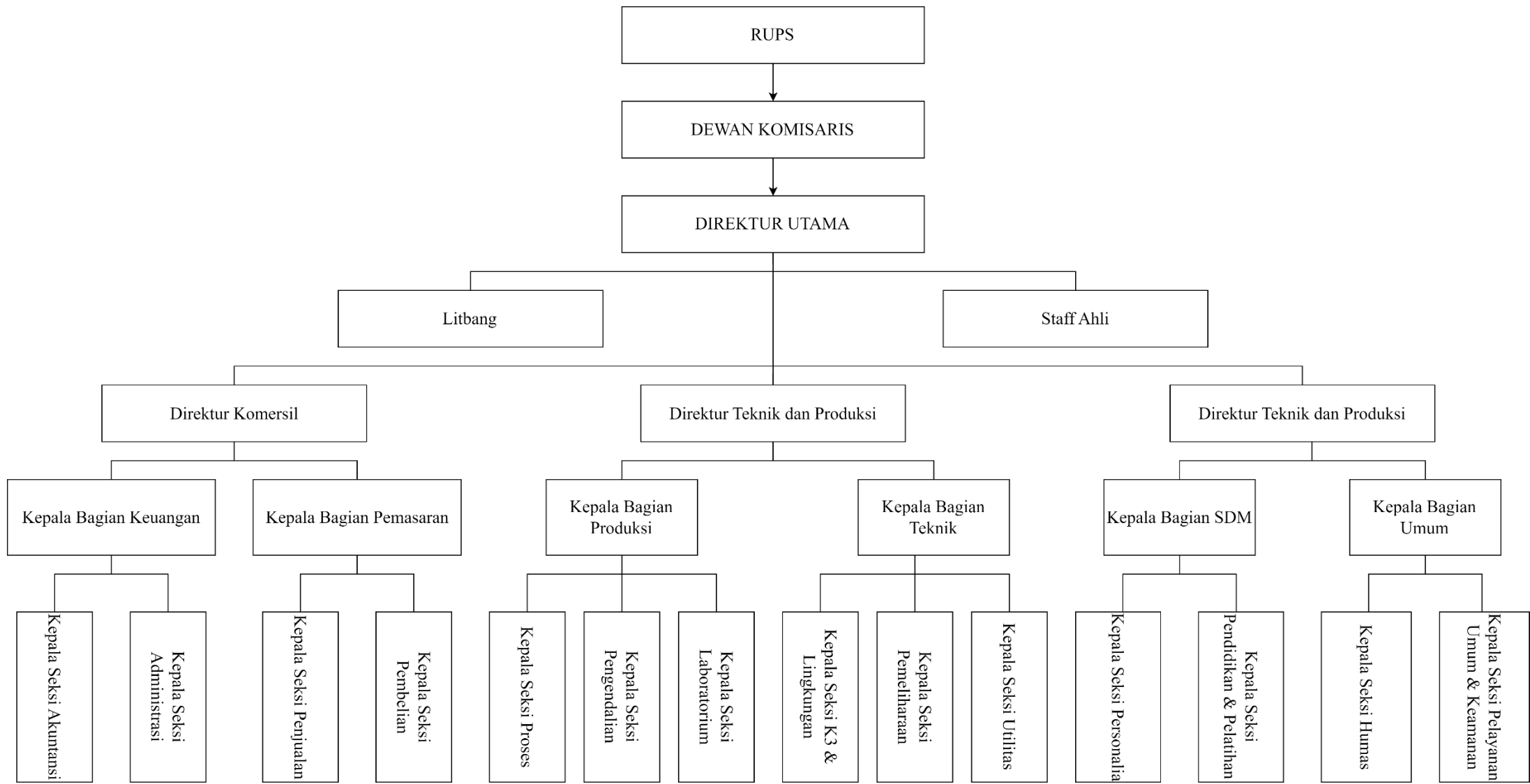
Untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik maka perlu diperhatikan azas-azas, antara lain: pendelegasian wewenang, perumusan tujuan perusahaan dengan jelas, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem kontrol atas kerja yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel, dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka dipilih organisasi kerja berdasarkan sistem *line and staff*. Pada sistem ini, garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Untuk kelancaran produksi, perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan. terdapat 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi kerja berdasarkan sistem garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran kepada unit operasional.

Adapun struktur organisasi dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut

- A. Pemegang saham
- B. Dewan komisaris
- C. Direktur utama
- D. Direktur
- E. Kepala bagian
- F. Kepala seksi
- G. Karyawan dan operator

Dari struktur organisasi diatas memiliki tanggung jawab, dan wewenang dari struktur organisasi diatas memiliki tanggung jawab, dan wewenang dari dari masing-masing jenjang kepemimpinan yang yang berbeda-beda. Tanggung jawab, serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada pemegang saham.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut, para pemegang saham berwenang:

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
3. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
4. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.4.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham yang ditunjuk oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Anggota Dewan Komisaris biasanya merupakan seseorang atau badan hukum yang memiliki saham mayoritas atau memiliki pengalaman dalam perusahaan. Anggota Dewan memiliki tanggung jawab kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) terhadap seluruh kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber - sumber dana dan pengarahan pemasaran
2. Menunjuk dan membentuk jajaran direktur yang akan mengoperasikan perusahaan. perusahaan.

3. Mengawasi dan mengontrol kinerja jajaran direksi
4. Mengorganisasikan pelaksanaan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

4.4.3.3. Dewan Direksi

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi dalam suatu perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya atas maju atau mundurnya suatu perusahaan. Direktur utama memiliki tanggung jawab terhadap dewan komisaris atas segala kebijakan ataupun tindakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi dewan direksi yang terdiri atas direktur keuangan, direktur sdm, dan direktur produksi . Tugas direktur umum antara lain :

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (direktur produksi) dan bagian keuangan dan umum (direktur keuangan, SDM, dan Produksi).

Beberapa direktorat yang dibawah oleh direktur utama memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

A. Direktur Komersial

Tugas dari direktur komersial antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang keuangan perusahaan dan pemasaran produk.
2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

B. Direktur Teknik Dan Produksi

Tugas direktur teknik dan produksi antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang teknik dan kelangsungan proses produksi.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

C. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum

Tugas direktur SDM dan umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang personalia, relasi perusahaan, dan pelayanan umum.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.4.3.4. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga - tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahlian masing - masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

1. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.

2. Memberi masukan - masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
3. Memberi saran - saran dalam bidang hukum.

4.4.3.5. Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Litbang terdiri dari tenaga-tenaga ahli sebagai pembantu direksi dan bertanggung jawab kepada direksi dalam hal pengembangan dan rekayasa produk. Tugas dan wewenangnya meliputi :

1. Memperbaiki mutu produksi
2. Memperbaiki dan melakukan inovasi terhadap proses produksi
3. Meningkatkan efisiensi perusahaan di berbagai bidang

4.4.3.6. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staf direktur. Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Kepala bagian terdiri dari:

A. Kepala Bagian Keuangan

Kepala bagian keuangan bertanggung jawab kepada direktur komersial dalam bidang keuangan perusahaan. Kabag Keuangan membawahi dua Kepala Seksi (Kasi), yaitu Kepala Seksi Akuntansi dan Kepala Seksi Administrasi. Tugas Kasi Akuntansi adalah:

1. Mencatat utang piutang perusahaan.

2. Mengatur administrasi kantor dan pembukuan.
3. Mengaudit masalah perpajakan.

Tugas Kasi administrasi antara lain:

1. Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang, dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan.
2. Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

B. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran bertanggung jawab kepada direktur komersial dalam bidang pemasaran produk dan pembelian alat dan bahan yang diperlukan untuk proses produksi. Kepala Bagian Pemasaran membawahi dua Kepala Seksi (Kasi), yaitu Kepala Seksi Penjualan dan Kepala Seksi Pembelian. Tugas Kasi penjualan, antara lain:

1. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
2. Mengatur distribusi hasil produksi.

Tugas Kasi Pembelian, antara lain:

1. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan dalam kaitannya dengan proses produksi.
2. Mengetahui pasar dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

C. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian produksi membawahi kepala seksi proses, kepala seksi pengendalian, dan kepala seksi laboratorium.

Tugas kasi proses adalah mengawasi jalannya proses produksi dan bertanggung jawab terhadap kelancaran proses. Tugas kasi pengendalian adalah mengendalikan laju produksi pabrik sesuai dengan kebutuhan pasar dan bertanggung jawab terhadap kuantitas hasil produksi, serta jumlah pemakaian bahan baku dan bahan penunjang lainnya. Tugas seksi laboratorium, antara lain:

1. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
2. Mengawasi dan menganalisa mutu produksi.
3. Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik.
4. Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.

D. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan dan utilitas. Kabag Teknik membawahi Kepala Seksi Pemeliharaan, Kepala Seksi Utilitas, dan Kepala Seksi K3 & Lingkungan. Tugas Kasi Pemeliharaan, antara lain:

1. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
2. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

Tugas Kasi Utilitas, antara lain

1. melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, steam, udara tekan dan tenaga listrik.

Tugas Kasi K3 & Lingkungan antara lain:

1. Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja.
2. Melindungi pabrik dari risiko kecelakaan kerja.

E. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab kepada direktur SDM & Umum dalam bidang personalia dan pendidikan. Kabag SDM membawahi Kepala Seksi personalia dan Kepala Seksi Pendidikan & Pelatihan. Tugas Kasi Personalia antara lain:

1. Menciptakan suasana kerja yang baik antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
2. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.
3. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.
Tugas Kasi Pendidikan & Pelatihan adalah mendidik dan melatih karyawan baru (on the job training) ataupun mahasiswa kerja praktek tentang perusahaan.

F. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur SDM & umum dalam bidang hubungan masyarakat, dan pelayanan umum. Kabag Umum membawahi Kepala Seksi Humas dan Kepala Seksi Pelayanan Umum.

Kasi Humas bertugas mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan, serta menjalin relasi atau kerja sama dengan instansi lain. Kasi Pelayanan Umum dan keamanan bertugas menjaga keamanan dan kebersihan pabrik, serta memberikan pelayanan umum kepada pegawai.

4.4.4 Status Karyawan

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda - beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

2. Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

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

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Jam Kerja

Jumlah karyawan harus ditentukan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien.

4.4.5.1. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan menurut jabatannya pada pabrik vinil asetat ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Jumlah Karyawan Pabrik Vinil Asetat

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Komersial	1
3	Direktur Produksi	1
4	Direktur SDM dan Umum	1
5	Staff Ahli	2
6	Litbang	4
7	Sekretaris	4
8	Kepala Bagian Keuangan	1
9	Kepala Bagian Pemasaran	1
10	Kepala Bagian Teknik	1
11	Kepala Bagian Produksi	1
12	Kepala Bagian SDM	1
13	Kepala Bagian Umum	1
14	Kepala Seksi Proses	1
15	Kepala Seksi Pengendalian	1
16	Kepala Seksi Laboratorium	1
17	Kepala Seksi K3 & lingkungan	1
18	Kepala Seksi Pemeliharaan	1

No	Jabatan	Jumlah
19	Kepala Seksi Utilitas	1
20	Kepala Seksi Administrasi	1
21	Kepala Seksi Akuntansi	1
22	Kepala Seksi Pembelian	1
23	Kepala Seksi Penjualan	1
24	Kepala Seksi Personalia	1
25	Kepala Seksi Diklat	1
26	Kepala Seksi Humas	1
27	Kepala Seksi Umum & Keamanan	1
28	Karyawan Proses	24
29	Karyawan Pengendalian	8
30	Karyawan Laboratorium	8
31	Karyawan Utilitas	16
32	Karyawan Pemeliharaan	10
33	Karyawan K3& Lingkungan	4
34	Karyawan Penjualan	4
35	Karyawan Administrasi	4
36	Karyawan Personalia	4
37	Karyawan Humas	3
38	Karyawan Pembelian	4
39	Karyawan Akuntansi	4
40	Karyawan Diklat	2

No	Jabatan	Jumlah
41	Karyawan Keamanan	12
42	Dokter	1
43	Perawat	3
44	Sopir	6
45	Cleaning Service	10
TOTAL		161

4.4.5.2. Jam Kerja

Pabrik ini direncanakan beroperasi 345 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan shutdown. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan yaitu karyawan shift dan non shift.

A. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah dewan direksi, staf ahli, sekretaris, kepala bagian/, kepala seksi serta karyawan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja seperti pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Jam Kerja Karyawan

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin-Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 18.00	11.00 – 13.00

B. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian - bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Penentuan jumlah karyawan shift dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan rincian jumlah karyawan Shift dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tenaga Kerja untuk Berbagai Peralatan (Green, 2019)

No	Alat	Jumlah alat	Jumlah operator/unit	Jumlah operator/shift
Alat Proses				
1	Tangki	4	0,1	0,4
2	<i>Heater</i>	2	0,1	0,2
3	<i>Vaporizer</i>	1	0,1	0,1
4	Separator	2	0,5	1
5	<i>Compressor</i>	2	0,2	0,4
6	<i>Cooler</i>	3	0,1	0,3
7	<i>Decanter</i>	1	0,5	0,5
8	Condenser	1	0,1	0,1
9	<i>Reboiler</i>	1	0,1	0,1
10	Menara Distilasi	1	0,5	0,5
11	Absorber	1	0,5	0,5
12	<i>Reactor</i>	1	0,5	0,5
13	<i>Condenser Parisal</i>	1	0,1	0,1
Total beban				4,7
Operator Peralatan Proses/shift				6

Utilitas				
1	Bak Water Treatment	2	0,1	0,2
2	Compressor	1	0,2	0,2
3	Tangki	5	0,1	0,5
4	Tangki Pengadukan Cepat	1	0,2	0,2
5	Clarifier	1	0,5	0,5
6	Sand Filter	1	0,2	0,2
7	Cooling Tower	1	0,5	0,5
8	Ke	1	0,2	0,2
9	Ae	1	0,2	0,2
10	Boiler	1	0,5	0,5
11	Gudang Bahan Bakar	1	0,1	0,1
12	Tangki Diesel	1	0,1	0,1
Total beban				3,4
Operator Utilitas/Shift				4

(Perry 9th Tabel 9-16)

Jumlah operator untuk peralatan proses = $6 \times 4 \text{ shift}$

= 24

Jumlah operator untuk Utilitas = $4 \times 4 \text{ shift}$

= 16

Para karyawan shift akan bekerja secara bergantian dan dibagi 1 hari diatur dalam 3 shift diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pembagian Shift Kerja Karyawan

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift 1	07:00 - 15:00	11:00 - 12:00
Shift 2	15:00 - 23:00	19:00 - 20:00
Shift 3	23:00 - 07:00	03:00 - 04:00

Untuk karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu (A/B/C/D) dimana tiga regu bekerja dan satu regu istirahat serta dikenakan secara bergantian. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang bertugas tetap harus masuk.

<i>Shift</i>	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	A	A	B	B	C	C	D
Siang	D	D	A	A	B	B	C
Malam	C	C	D	D	A	A	B
Libur	B	B	C	C	D	D	A

<i>Shift</i>	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	B	B	C	C	D	D	A
Siang	A	A	B	B	C	C	D
Malam	D	D	A	A	B	B	C
Libur	C	C	D	D	A	A	B

<i>Shift</i>	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	C	C	D	D	A	A	B
Siang	B	B	C	C	D	D	A
Malam	A	A	B	B	C	C	D
Libur	D	D	A	A	B	B	C

<i>Shift</i>	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	D	D	A	A	B	B	C
Siang	C	C	D	D	A	A	B
Malam	B	B	C	C	D	D	A
Libur	A	A	B	B	C	C	D

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan.

4.4.6 Sistem Penggajian Karyawan

Sistem pembagian besarnya gaji pada perusahaan ini didasarkan atas ketentuan jabatan atau golongan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan lingkungan yang berkaitan dengan risiko kerja. Pembagian gaji terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 2 setiap bulannya.

2. Gaji Harian

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

3. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok. Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Besaran Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatannya

Gol.	Jabatan	Gaji/Bulan
I	Direktur Utama	50.000.000
II	Direktur	30.000.000
III	Staff Ahli	12.000.000
IV	Litbang	12.000.000
V	Kepala Bagian	12.000.000
VI	Kepala Seksi	8.000.000
VII	Karyawan Proses, Pengendalian, Laboratorium, Utilitas dan Pemeliharaan	5.000.000
VIII	Karyawan Pembelian, Penjualan, Administrasi, Humas, Akuntansi, Diklat, Personalia, K3&L dan Sekretaris	4.000.000
VIII	Karyawan Keamanan	2.500.000
IX	Karyawan Lain- Lain	1.500.000 – 6.000.000

Total gaji bulanan yang dikeluarkan perusahaan per bulannya dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Kebutuhan Gaji Karyawan Tiap Bulannya

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Gaji total (Rp)
1	Direktur Utama	1	50.000.000,00	50.000.000,00
2	Direktur Komersial	1	30.000.000,00	30.000.000,00
3	Direktur Produksi	1	30.000.000,00	30.000.000,00
4	Direktur SDM dan Umum	1	30.000.000,00	30.000.000,00
5	Staff Ahli	2	12.000.000,00	24.000.000,00
6	Litbang	4	12.000.000,00	48.000.000,00
7	Sekretaris	4	12.000.000,00	48.000.000,00
8	Kepala Bagian Keuangan	1	12.000.000,00	12.000.000,00
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	12.000.000,00	12.000.000,00
10	Kepala Bagian Teknik	1	12.000.000,00	12.000.000,00
11	Kepala Bagian Produksi	1	12.000.000,00	12.000.000,00
12	Kepala Bagian SDM	1	12.000.000,00	12.000.000,00
13	Kepala Bagian Umum	1	12.000.000,00	12.000.000,00
14	Kepala Seksi Proses	1	10.000.000,00	10.000.000,00
15	Kepala Seksi Pengendalian	1	10.000.000,00	10.000.000,00
16	Kepala Seksi Laboratorium	1	10.000.000,00	10.000.000,00
17	Kepala Seksi K3 & lingkungan	1	10.000.000,00	10.000.000,00
18	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	10.000.000,00	10.000.000,00
19	Kepala Seksi Utilitas	1	10.000.000,00	10.000.000,00
20	Kepala Seksi Administrasi	1	10.000.000,00	10.000.000,00
21	Kepala Seksi Akuntansi	1	10.000.000,00	10.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Gaji total (Rp)
22	Kepala Seksi Pembelian	1	10.000.000,00	10.000.000,00
23	Kepala Seksi Penjualan	1	10.000.000,00	10.000.000,00
24	Kepala Seksi Personalia	1	10.000.000,00	10.000.000,00
25	Kepala Seksi Diklat	1	10.000.000,00	10.000.000,00
26	Kepala Seksi Humas	1	10.000.000,00	10.000.000,00
27	Kepala Seksi Umum & Keamanan	1	10.000.000,00	10.000.000,00
28	Karyawan Proses	24	6.000.000,00	144.000.000,00
29	Karyawan Pengendalian	8	6.000.000,00	48.000.000,00
30	Karyawan Laboratorium	8	6.000.000,00	48.000.000,00
31	Karyawan Utilitas	16	6.000.000,00	96.000.000,00
32	Karyawan Pemeliharaan	10	6.000.000,00	60.000.000,00
33	Karyawan K3& Lingkungan	4	5.000.000,00	20.000.000,00
34	Karyawan Penjualan	4	5.000.000,00	20.000.000,00
35	Karyawan Administrasi	4	5.000.000,00	20.000.000,00
36	Karyawan Personalia	4	5.000.000,00	20.000.000,00
37	Karyawan Humas	3	5.000.000,00	15.000.000,00
38	Karyawan Pembelian	4	5.000.000,00	20.000.000,00
39	Karyawan Akuntansi	4	5.000.000,00	20.000.000,00
40	Karyawan Diklat	2	5.000.000,00	10.000.000,00
41	Karyawan Keamanan	12	3.500.000,00	42.000.000,00
42	Dokter	1	8.000.000,00	8.000.000,00
43	Perawat	3	4.000.000,00	12.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Gaji total (Rp)
44	Sopir	6	3.500.000,00	21.000.000,00
45	Cleaning Service	10	3.000.000,00	30.000.000,00
TOTAL		161		1.126.000.000,00

4.4.7 Fasilitas Karyawan

Fasilitas yang tersedia bagi karyawan bertujuan untuk menjaga produktivitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas ini akan meningkatkan jasmani dan rohani karyawan agar tetap baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh ataupun bosan dalam melaksanakan kerja sehari harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut adapun fasilitas fasilitas yang bermanfaat dalam lingkup perusahaan dalam menunjang kepentingan para karyawan diantaranya:

1. Poliklinik

Poliklinik didirikan untuk meningkatkan faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi faktor produksi perusahaan. Oleh karenanya, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Pakaian Kerja

Untuk kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya, selain itu juga disediakan juga alat safety untuk menunjang keselamatan karyawan ketika menjalankan alat proses di pabrik.

3. Makanan dan Minuman

Perusahaan menyediakan makanan dan minuman 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

4. Tunjangan Hari Raya

Tunjangan hari raya diberikan setiap tahunnya, yaitu menjelang hari raya idul fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungjawaban perusahaan kepada karyawan apabila terjadi kecelakaan kerja.

6. Tempat Ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah (Masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktivitas keagamaan lainnya.

7. Transportasi

Transportasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulannya.

8. Cuti

Untuk dapat meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan cuti kepada karyawan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Cuti tahunan diberikan kepada karyawan selama 12 hari selama 1 tahun.
- b. Cuti massal setiap tahun diberikan kepada karyawan bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

- c. Cuti hamil Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan kedua minimal 2 tahun.

9. Perumahan dan Kebutuhan Rumah Tangga

Kebutuhan rumah yang disediakan oleh pabrik meliputi rumah dan kebutuhan air rumah tersebut. Perumahan disediakan untuk dewan direksi, kepala bagian, litbang, dan sekretaris. Jumlah perumahan yang disediakan untuk pejabat pabrik adalah sebanyak 20 rumah tipe 60.

BAB V. UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian yang penting untuk menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Unit pendukung proses meliputi : unit pengadaan air, unit pengadaan steam, unit pengadaan udara tekan, unit pengadaan listrik, unit pengadaan bahan bakar. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Vinil Asetat Monomer adalah:

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut:

- a. Air pendingin
- b. Air umpan *boiler*
- c. Air domestik dan servis

2. Unit pengadaan steam

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas di *vaporizer*, *heater* dan *reboiler*.

3. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi pneumatic, untuk penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum yang lain

4. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik pendingin udara, maupun untuk penerangan. Listrik di sediakan oleh PT Krakatau

Daya Listrik (PT KDL) dan dari generator sebagai cadangan bila listrik dari PT KDL mengalami gangguan.

5. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan *generator*.

5.1 Unit Pengolahan Air

Air yang digunakan berasal dari waduk krenceng dan waduk Krakatau Engineering. Air ini tidak dapat langsung digunakan dan memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Tujuan pengolahan air ini adalah untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Beberapa tahapan dalam pengolahan air adalah sebagai berikut:

5.1.1 Penghisapan

Air dari sungai dipompa menuju bak pengendapan awal. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) agar kotoran tidak terikut ke bak pengendapan awal.

5.1.2 Pengendapan dan Filtrasi

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki tangki pengadukan cepat untuk dicampur dengan larutan kapur dan Alumunium Sulfat (tawas) agar terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Air yang telah dicampur flokulan kemudian dialirkan ke dalam clarifier untuk mengendapkan gumpalan partikel-partikel halus.

Endapan kemudian dikeluarkan sebagai blowdown, melalui bagian bawah clarifier. Air kemudian dialirkan ke saringan pasir (sand filter) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih lolos di clarifier.

5.1.3 Bak Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk 3 keperluan utama yaitu :

1. air domestik dan kebutuhan servis
2. air pendingin
3. air boiler

5.1.4 Air Domestik dan Servis

Kebutuhan air domestik dan kebutuhan air untuk kebutuhan servis merupakan air yang digunakan sehari-hari untuk karyawan maupun untuk pendukung jalannya produksi secara tidak langsung. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 50 hingga 100 liter per hari (WHO, 2020). Untuk keamanan, maka digunakan kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari. Kebutuhan air domestic pabrik adalah sebagai berikut:

A. Air Kantor

- karyawan on shift	=	147	orang
- kebutuhan air per karyawan	=	100	kg/hari
<hr/>			
- total kebutuhan air kantor	=	14700	kg/hari

B. Air Service

- bengkel	=	500	kg/hari
- poliklinik	=	500	kg/hari

- laboratorium	=	500	kg/hari
- pemadam kebakaran	=	800	kg/hari
- kantin, musholla, dan kebun	=	3000	kg/hari
<hr/>			
- Total	=	5300	kg/hari

C. Air Rumah Tangga

- Jumlah Rumah	=	20	rumah
- Kapasitas tiap rumah	=	5	orang
- kebutuhan air per orang	=	120	kg/hari
<hr/>			
- Total Kebutuhan Rumah	=	12000	kg/hari

D. Kebutuhan Domestik = 32000 kg/hari

- Over Design (20%) = 38400 **kg/hari**

Kebutuhan per jam = 1600 kg/Jam

5.1.5 Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan diambil dari air waduk yang telah diproses sehingga menjadi air bersih. Alasan digunakannya air waduk sebagai media pendingin adalah karena faktor- faktor sebagai berikut :

- a) Air dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah
- b) Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- c) Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi.
- d) Tidak terdekomposisi.

Air untuk pendingin dialirkan dari bak air bersih (BU-02) menuju proses pendinginan. Setelah melalui proses pendinginan, air kemudian dialirkan ke cooling

Tower dan digunakan untuk proses pendinginan kembali. Air yang dibutuhkan untuk pendingin pada pabrik vinil asetat dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin Pabrik Tiap Jam

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
CDP-01	109,153.79
R-01	176,921.67
CO-01	11,295.42
CO-02	28,404.73
CO-03	25,566.80
CD-01	220,125.19
Total	571,467.59
Overdesign (20%)	685,761.11

Air untuk pendingin digunakan secara tertutup, air bekas pendingin dengan suhu maksimum 50° C dipulihkan dengan cara di kontakkan dengan udara lingkungan kedalam Menara pendingin. Dalam menara pendingin, terjadi transfer panas dari air ke udara dan transfer massa dari air ke udara akibatnya suhu air keluar menara pendingin kembali 30 °C dan massa air berkurang akibat penguapan. Air makeup pendingin yang berkurang diasumsikan sebesar 12.5 % dari massa air pendingin yang diperlukan sehingga diperoleh air makeup tiap jam adalah sebagai berikut:

$$685,761.11 \times 0,125 = 85,720.14 \text{ kg/jam}$$

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air waduk sebagai pendingin adalah:

- a) Partikel-partikel besar/makroba (makhluk hidup dan konstituen lain)
- b) Partikel-partikel kecil/mikroba laut (ganggang dan mikroorganisme) yang dapat menyebabkan fouling pada alat heat exchanger.
- c) Sedimen-Sedimen yang ikut dalam air.

5.1.6 Air untuk Boiler

Air yang digunakan untuk steam sebelumnya di tampung di bak air bersih (BU-02) , kemudian masuk ke tangki kation exchanger (KE) dan anion exchanger (AE). Pada kation exchanger (KE) dan anion exchanger (AE) terjadi proses pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation exchanger. Di dalam *kation exchanger*, mineral mineral sadah seperti Ca^{2+} , Na^{2+} , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air. Mineral ini akan tertangkap oleh resin hidrogen zeolit. Saat resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan dilakukan proses regenerasi resin. Regenerasi resin *kation exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari kation exchanger yang sudah bebas mineral dan akan dialirkan kedalam *anion exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif karena berpotensi membentuk gas CO_2 jika air di uapkan. Hal tersebut akan menurunkan Air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air untuk boiler.

Air boiler selanjutnya ke dialirkan ke tangki boiler untuk dilakukan proses daerasi dan ditampung sebelum dialirkan ke boiler. Adanya daerasi berfungsi untuk menghilangkan gas terlarut dalam air seperti oksigen. Tangki boiler di tambahkan dengan *hydrazine* dan NaH_2O_4 untuk mengikat kandungan gas seperti O_2 pada air boiler. Air kemudian diumpankan menuju boiler untuk diubah fasenya menjadi uap

jenuh (*saturated steam*). Total kebutuhan air umpan boiler dapat dilihat pada Tabel 5.2 Dibawah ini.

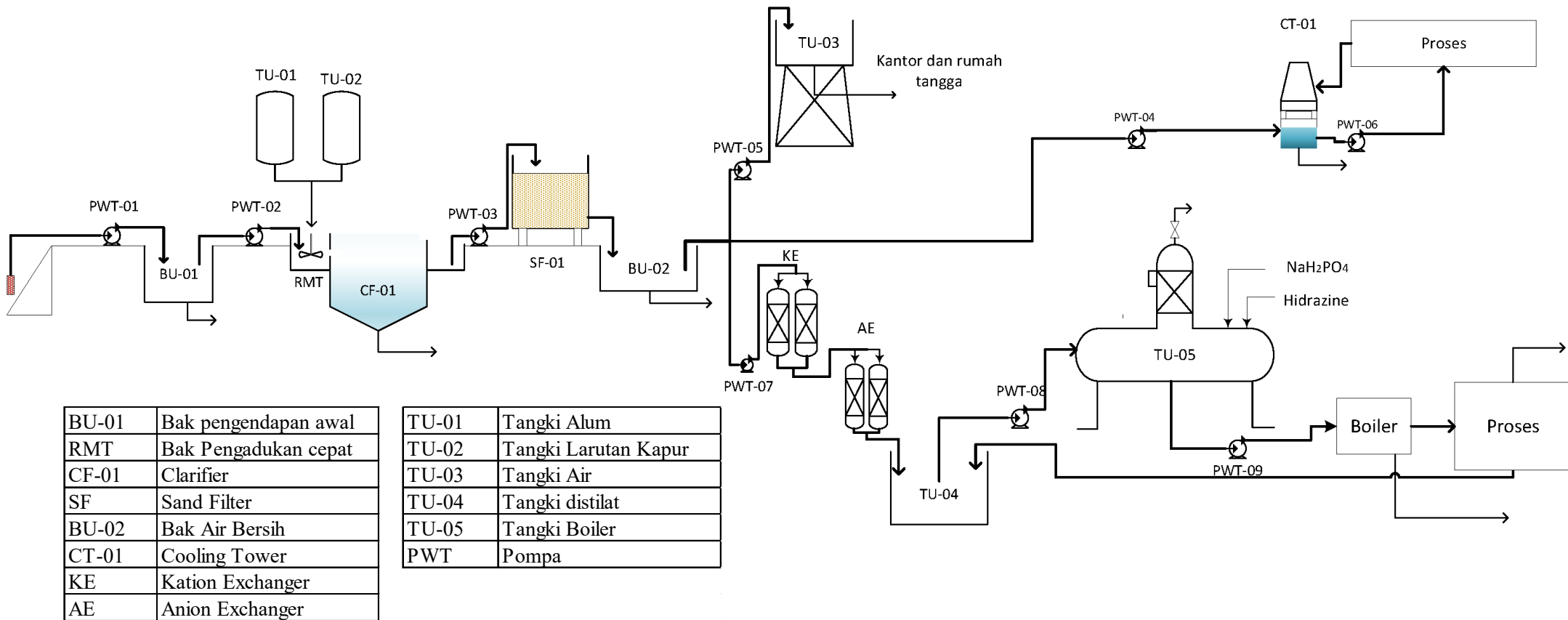
Tabel 5.2 Kebutuhan Saturated Steam Pabrik Tiap Jam

Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
HE-01	28,44
HE-02	46,25
VP-01	2.436,38
RB-01	8.707,20
Total	11.218,28
Overdesign 20%	13.461,931

Air yang telah menjadi kondensat kemudian dialirkan kembali menuju tangki air boiler. Adanya *recycle* tersebut mengurangi kebutuhan air yang di supply menuju boiler, sehingga jumlah air yang dialirkan ke tangki boiler saat boiler beroperasi adalah sebesar air yang di *blowdown*. *Blowdown* merupakan pembuangan air dari boiler untuk menghindari adanya peningkatan konsentrasi pengotor dalam air boiler. Air yang di buang dalam *blowdown boiler* adalah sebesar 15% dari total air di boiler atau sekitar 2019 kg/jam air.

5.1.7 Skema Pengolahan Air

Total air yang dibutuhkan pabrik tiap jamnya adalah sebesar 104.200,75 kg Skema pengolahan air pada pabrik vinil asetat dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5.1 Skema Pengolahan Air Pabrik Vinil Asetat

5.2 Unit Pengadaan *Steam*

Steam yang diproduksi pada pabrik ini dihasilkan dari boiler ini merupakan saturated steam dengan suhu 134,04°C dan tekanan 3 atm. Jumlah steam yang dibutuhkan pabrik adalah sebesar 11.218,28. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran *steam* pada saat distribusi, jumlah *steam* dlebihkan sebanyak 20% sehingga jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 13.461,931 kg/jam. Untuk menyediakan *steam*, dibutuhkan boiler dengan spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi Boiler

- Kode : B-01
- Fungsi : Menyediakan kebutuhan steam
- Jenis : Boiler Pipa Api
- Jumlah : 1 buah
- Jumlah pipa : 290 Pipa
- Heating surface : 242,57 m²
- Rate of steam : 13461,93 kg/jam
- Efisiensi Pembakaran : 80%
- Tekanan : 3 atm
- Suhu steam : 134,04°C

Bahan Bakar

- Jenis : Batu Bara
- Heating Value : 26451 kJ/kg
- Kebutuhan : 1.706,21 kg/jam

5.3 Unit Pengadaan Udara Tekan

Udara tekan yang digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses dan utilitas, dihasilkan dari kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan satu buah kompresor. Kebutuhan udara tekan untuk perancangan pabrik vinil asetat monomer ini diperkirakan sebesar 100 m³/jam, tekanan 1,5 atm dan suhu 35°C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi silika untuk menyerap air. Spesifikasi compressor yang digunakan adalah sebagai berikut

Spesifikasi Kompresor

Kode	: CPU-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan udara tekan
Jenis	: Single Stage Reciprocating Compressor
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 100 m ³ /jam
Tekanan Suction	: 1 atm
Tekanan discharge	: 4 atm
Efisiensi	: 80%
Daya Kompresor	: 7,5 Hp

5.4 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik vinil asetat monomer ini dipenuhi oleh PT Krakatau Daya Listrik (PT.KDL) dan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik tenaga mandiri yaitu

sebuah generator. Untuk menentukan biaya penggunaan listrik pabrik serta untuk menentukan kapasitas generator yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan dan perkiraan penggunaan listrik pabrik

5.4.1 Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk penerangan
3. Listrik untuk ac
4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
5. Listrik untuk alat-alat elektronik

Besarnya kebutuhan listrik masing - masing keperluan di atas dapat diperkirakan sebagai berikut :

A. Listrik Proses dan Utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut:

Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Pabrik Vinil Asetat

No	Nama Alat	Jumlah	Daya (kW)	total Daya (Hp)
1	CP-01	2	186,43	250.00
2	CPU-01	1	11,19	15.00
3	P-01	1	0,04	0.05
4	P-02	1	5,59	7.50
5	P-03	1	0,37	0.50
6	P-04	1	1,49	2.00
7	P-05	1	5,59	7.50

No	Nama Alat	Jumlah	Daya (kW)	Total Daya (Hp)
8	PB-01	1	0,37	0,50
10	PWT-01	1	29,83	40,00
11	PWT-02	1	1,12	1,50
12	PWT-03	1	1,12	1,50
13	PWT-04	1	2,24	3,00
14	PWT-05	1	1,12	1,50
15	PWT-06	1	18,64	25,00
16	PWT-07	1	0,25	0,33
17	PWT-08	1	1,12	1,50
18	PWT-09	1	3,73	5,00
19	PWT-10	1	0,75	1,00
20	Belt Conveyor	2	0,12	0,17
22	RMT	1	0,37	0,50
23	Clarifier	1	0,56	0,75
24	Fan Cooling Tower	1	11,19	15,00
Total		24,00	283,22	379,80

Jadi jumlah listrik yang dikonsumsi untuk keperluan proses dan utilitas sebesar 379.80 HP. Diperkirakan kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan sebesar $\pm 10\%$ dari total kebutuhan. Maka total kebutuhan listrik adalah 417,78 HP atau sebesar 311,54 kW.

B. Listrik Penunjang Pabrik

Kebutuhan penunjang pabrik meliputi sistem pending udara pabrik (*air conditioner*), penerangan pabrik, laboratorium dan instrumentasi pabrik, serta untuk kebutuhan bengkel. Perkiraan kebutuhan listrik yang diperlukan untuk menunjang pabrik dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5.4. Kebutuhan Listrik Penunjang Pabrik

No.	Kebutuhan	Daya (kW)
1	Listrik AC	20
2	Penerangan Pabrik	100
3	Laboratorium dan instrumentasi	62,31
4	Elektronik dan lain-lain	10
Total kebutuhan Listrik		155 kW

C. Kebutuhan Listrik Total

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini:

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Pabrik Vinil Asetat Keseluruhan

No.	Kebutuhan	Daya (kW)
1	Proses dan Utilitas	311,54
2	Listrik AC	15
3	Penerangan Pabrik	100
4	Laboratorium Dan Instrumentasi	62,31
5	Elektronik dan Lain-Lain	10
Total Kebutuhan Listrik		503,85 kW

5.4.2 Generator

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

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

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga generator yang disiapkan harus mempunyai output sebesar 503,85 kW atau di atasnya. Oleh karena itu dipilih generator standar dengan kapasitas sebesar 555 kW. Saat generator akan digunakan, bahan bakar berupa Diesel dipompa ke generator menggunakan PB-01.

5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah batubara untuk boiler dan *IDO (Industrial Diesel Oil)* untuk generator. *IDO* diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan batubara dan *IDO* sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan :

1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan
4. Lebih Efisien dan banyak digunakan di industri

Bahan bakar batubara yang digunakan untuk kebutuhan boiler memiliki spesifikasi dan jumlah pemakaian sebagai berikut :

- Heating Value : 11371,89 Btu/lb (berau coal)
- Efisiensi bahan bakar : 80%
- Kebutuhan batu bara : 1706,21 kg/jam

Bahan bakar diesel yang digunakan untuk generator memiliki spesifikasi dan jumlah pemakaian sebagai berikut :

- Specific gravity : 0,8746
- Heating value : 19.300 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar : 80%
- Kapasitas generator : 555 kW : 1.893.745,52 Btu/jam
- Kebutuhan Solar : 63,61 L/jam

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah yang dihasilkan dari pabrik vinil asetat dapat diklasifikasikan menjadi :

5.6.1 Pengolahan Bahan Buangan Cair

Pengolahan limbah ini didasarkan pada jenis buangnya :

A. Pengolahan Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi. Campuran yang berupa padatan dan cairan terlebih dahulu dipecah bahan-bahan organiknya dengan menggunakan lumpur aktif dan sistem aerasi yang terdiri dari bak dengan sistem *overflow* dan desinfektan klorin ditambahkan untuk membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Air yang telah diolah dan memenuhi syarat pembuangan dialirkan ke kolam penampungan.

B. Pengolahan air buangan proses

Air yang berasal dari proses yaitu campuran dari air, vinil asetat dan asam asetat. Kadar maksimum vinil asetat yang boleh dibuang di lingkungan adalah 1 kg/ton atau 0,001% berat vinil asetat dalam air.

C. Pengolahan limbah minyak dari pompa

Limbah cair yang mengandung minyak-minyak berasal dari buangan pelumas pada pompa, dan alat-alat lainnya. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dialirkan ke tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, kemudian di buang.

5.6.2 Pengolahan Bahan Buangan Padatan

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik dan kebutuhan pendukung proses. Limbah domestik berupa sampah-sampah dari keperluan sehari-hari seperti kertas dan plastik, sampah tersebut ditampung di dalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA). Limbah yang berasal dari ipal dan kebutuhan pendukung proses diurug didalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan clay (tanah liat) agar bila limbah yang dipendam termasuk berbahaya tidak menyebar ke lingkungan sekitarnya.

5.6.3 Pengolahan Limbah Gas

Limbah gas yang berasal dari alat-alat produksi berupa Etilen, CO₂ dan O₂ yang dibuang ke udara melalui stack yang mempunyai tinggi minimal 1 kali tinggi bangunan.

BAB VI. EVALUASI EKONOMI

Pada perancangan pabrik vinil asetat ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga alat - alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan dan layak didirikan atau tidak layak jika didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment (ROI)*

Return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi.

3. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Discounted cash flow merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali selama umur ekonomi. Rated of return based on discounted cash flow adalah laju bunga maksimal dimana

suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

4. *Break Even Point*

Break Even Point adalah terjadi titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

5. *Shut Down Point*

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain variable cost yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

Sebelum dilakukan Analisis terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal yakni sebagai berikut:

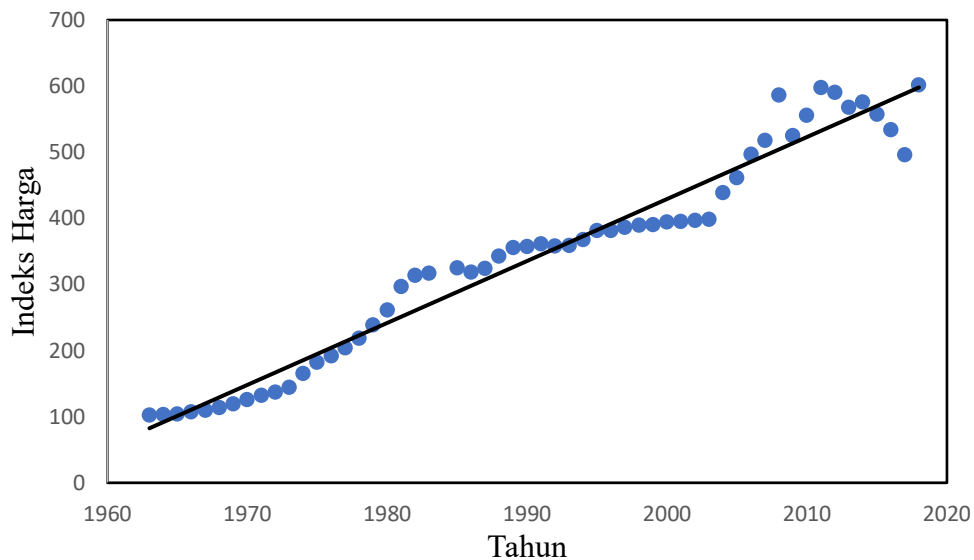
1. Penentuan Modal Industri (*Fixed Capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)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

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

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

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses tiap alat akan berubah tergantung dengan situasi dan kondisi ekonomi. Untuk menentukan harga peralatan tahunan yang tepat diperlukan suatu metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun tertentu, dan indeks harga peralatan pabrik pada tahun tersebut harus diketahui terlebih dahulu. Dalam analisis keuangan, tahun analisis mempertimbangkan perangkat dan harga lainnya. Harga indeks tahun 2025 diambil berdasarkan data indeks tahun 1963 hingga tahun 2018 (chemengonline.com/pci) menggunakan metode persamaan regresi linier. Diagram hubungan antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1 dibawah ini.



Gambar 6.1 Hubungan Indeks Harga Tiap Tahunnya

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan least square sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$y = 9.3727x - 18316 \quad (6.1)$$

Dimana :

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan (6.1) didapat indeks harga pada tahun 2025 adalah 663.635. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga. harga tersebut diestimasi sesuai dengan rencana waktu tahun pabrik didirikan dengan menggunakan persamaan (Peters & Timmerhaus, 2003) :

$$\frac{E_y}{E_x} = \frac{N_y}{N_x} \quad (6.2)$$

Dimana:

E_x = Harga pembelian pada tahun referensi

E_y = Harga pembelian pada tahun 2014

N_x = Indeks harga pada tahun referensi

N_y = Indeks harga pada tahun 2014

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Apabila terdapat suatu alat dengan kapasitas tertentu yang tidak ada spesifikasinya dalam referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan membandingkannya dengan harga alat sejenis seperti pada persamaan (6.3) ini.

$$E_b = E_a \times \left(\frac{C_b}{C_a}\right)^{0,6} \quad (6.2)$$

Dimana :

E_b : Harga alat b

E_a : Harga alat a

C_b : Kapasitas alat b

C_a : Kapasitas alat a

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang digunakan. Daftar harga alat proses dan alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 dibawah ini:

Tabel 6.1 Perkiraan Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga \$ (2025)
1	Reaktor	R-01	1	439.410,48
2	Vaporizer	VP-01	1	27.014,06
3	Menara Distilasi	MD-01	1	491.987,42
4	Separator 1	SP-01	1	84.800,33
5	Separator 2	SP-02	1	70.755,54
6	Tangki Oksigen	T-01	1	423.333,46
7	Tangki Etilen	T-02	1	1.037.112,88
8	Tangki Asam Asetat	T-03	1	184.102,26
9	Tangki vinil asetat (04)	T-04	2	214.441,67
10	<i>Heater 1</i>	HE 01	1	4.532,11
11	<i>Heater 2</i>	HE 02	1	7.285,15
12	<i>Cooler 1</i>	CO-01	1	7.541,15
13	<i>Cooler 2</i>	CO-02	1	10.299,29
14	<i>Cooler 3</i>	CO-03	1	10.299,29
15	Menara Absorpsi	ABS-01	1	586.985,16
16	<i>Condenser Total</i>	CD-01	1	26.843,81
17	<i>Reboiler</i>	RB-01	1	62.933,57
18	Akumulator	ACC-01	1	4.608,58
19	<i>Compressor</i>	CD-01	2	12.327,94
20	<i>Condenser Parsial</i>	CDP-01	1	173.052,04
21	<i>Decanter</i>	DC-01	1	35.598,95
22	Pompa 1	P-01	1	2.772,06

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga \$ (2025)
23	Pompa 2	P-02	1	3.442,61
24	Pompa 3	P-03	1	293,80
25	Pompa 4	P-04	1	3.423,02
26	Pompa 5	P-05	1	288,04
Total				3.925.484,632

Tabel 6.2 Perkiraan Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Harga \$ (2025)
1	Bak Penampung Air Bersih	1	2.772,03
2	Bak Sand Filter	1	1.048,68
3	Bak Pengendap Awal	1	53.061,12
4	Tangki Pengadukan Cepat	1	33.124,39
5	Tangki Air Bersih	1	11.291,01
6	Tangki NaCl	1	40.333,02
7	Tangki NAOH	1	81.050,81
8	Tangki Kondensat	1	6.221,58
9	Tangki Boiler	1	10.023,65
10	Tangki Silika	1	29.273,88
11	Tangki Bahan Bakar	2	60.833,21
12	Hopper Batu Bara	2	52.537,77
13	Belt Conveyor	2	3.691,15
14	Boiler	1	703.960,04
15	Kompresor Udara	1	8.871,51

No	Nama Alat	Jumlah	Harga \$ (2025)
16	Cooling Tower	1	49.370,09
17	Generator	1	132.907,44
18	Clarifier	1	775.392,98
19	Kation Exchanger	1	4.146,95
20	Anion Exchanger	1	3.735,05
21	Pompa Utilitas 1	1	1.059,97
22	Pompa Utilitas 2	1	1.036,93
23	Pompa Utilitas 3	1	921,72
24	Pompa Utilitas 4	1	875,63
25	Pompa Utilitas 5	1	230,43
26	Pompa Utilitas 6	1	6.912,86
27	Pompa Utilitas 7	1	241,95
28	Pompa Utilitas 8	1	432,05
29	Pompa Utilitas 9	1	403,25
Total			2.074.817,355

Dari hasil penaksiran harga alat tersebut, maka diketahui bahwa total harga alat adalah senilai 6.000.301,99 USD atau sekitar Rp. 90.220.540.671,34.

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisa ekonomi pabrik vinil asetat monomer ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 40.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 345 hari
3. Pabrik didirikan : 2025
4. Harga bahan baku (Maret 2023, chemanalyst.com)
 - Ethylene : Rp 13.934.22 /kg
 - Asam Asetat : Rp 6.937.01 /kg
 - Oksigen : Rp 7.376,56 /kg
 - Harga Katalis : Rp 1.455.728 /kg
5. Harga produk (Maret 2023, chemanalyst.com)
 - Vinyl Acetate Monomer : Rp 26.827,16 / kg

6.3 Asumsi Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam analisa ekonomi :

1. Pembangunan fisik pabrik akan dilaksanakan pada tahun 2025 dan pabrik dapat beroperasi secara komersial pada awal tahun 2026.
2. Proses yang dijalankan adalah proses kontinyu.
3. Kapasitas produksi adalah 40.000 ton/tahun.
4. Jumlah hari kerja adalah 345 hari per tahun.
5. *Shut down* pabrik dilaksanakan selama 20 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik.
6. Modal kerja yang diperhitungkan selama 1 bulan.
7. Umur alat-alat pabrik diperkirakan 10 tahun

8. Situasi pasar, biaya dan lain-lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi.
9. Upah buruh asing US\$ 10 per man hour.
10. Upah buruh local Rp.20.000,00 per man hour.
11. Semua produk Vinyl Acetate Monomer habis terjual.
12. Nilai Kurs (*Indonesian Rupiah Exchange Rates* (27 Juli 2023)
1 USD = Rp.15036,-
13. Harga tanah 1.150.000/m² (<https://www.dotproperty.id>)

6.4 Analisa Risiko Pabrik

Analisis risiko dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara pabrik dengan risiko besar dan kecil. Selain itu, analisis risiko dilakukan untuk mencari solusi atas segala risiko yang ditemukan. Pengendalian risiko dilakukan terhadap seluruh bahaya yang kemungkinan terjadi dan mempertimbangkan tingkat risiko untuk menentukan prioritas dalam pengendaliannya dan nilai investasinya.

6.4.1. Pengolahan Bahan Baku

Terdapat beberapa sumber bahaya dalam proses pengolahan bahan baku, antara lain adalah terjadinya kebocoran pada alat proses dan alat transportasi etilen dan oksigen dengan skala risiko tinggi karena bahan baku oksigen dan etilen yang mudah terbakar dan meledak. terdapat juga risiko kemungkinan pekerja menghirup etilen dengan skala risiko ringan. Untuk Mencegah hal ini, diperlukan pencegahan risiko berupa tangki yang harus selalu di cek dan alat transportasi bahan yang harus dipastikan keamanannya dengan SOP. selain itu bahan baku asam asetat yang dikirim dari jarak 300 mil juga berpotensi mengalami kecelakaan sehingga harus dipilih pengemudi yang berpengalaman.

6.4.2. Proses Pembuatan Produk

Pada proses terdapat risiko dimana konsentrasi mol oksigen yang tergantung dalam alat proses tidak boleh melewati 8% karena dapat menyebabkan ledakan (Dimian, 2008). hal ini dapat dicegah dengan melebihkan jumlah zat lain serta melakukan kontrol terhadap aliran oksigen menggunakan kontroller. Hal tersebut menjadikan pabrik vinil asetat digolongkan sebagai pabrik dengan risiko tinggi .

6.4.3. Utilitas

Pada bagian utilitas, suhu berkisar antara 30°C hingga 134°C dengan tekanan 3 atm. Angka ini menunjukkan bahwa bagian utilitas pabrik memiliki tingkat risiko rendah

6.5 Hasil Perhitungan

6.5.1 Capital Investment

a. Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed capital investment adalah biaya modal yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik . *Fixed capital investment* dari pabrik vinil asetat monomer dapat dilihat pada Tabel 6.3 berikut:

Tabel 6.3 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Jenis	Biaya (Rp)
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>		
1	Pembelian & Pengantaran Alat	Rp 132.634.051.431,89
2	Instalasi	Rp 57.032.642.115,71
3	Instrumentasi Dan Kontrol	Rp 19.895.107.714,78
4	Pemipaan	Rp 114.065.284.231,43
5	Instalasi Listrik	Rp 19.895.107.714,78

No	Jenis	Biaya (Rp)
6	Instalasi Isolasi	Rp 10.610.724.114,55
7	Bangunan	Rp 18.923.000.000,00
8	Tanah & Pengolahannya	Rp 48.179.250.000,00
9	<i>Engineering & Construction</i>	Rp 84.247.033.464,63
<i>Contractor's Fee</i>		
1	Biaya Kontraktor	Rp 15164466023,6337
<i>Contingency</i>		
1	Biaya Darurat	Rp 50.548.220.078,78
Total FCI (<i>Fixed Capital Investment</i>)		Rp 571.194.886.890,20

b. *Working Capital Investment (WCI)*

Working capital investment atau investasi modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk mengoperasikan pabrik selama jangka waktu tertentu. Beberapa sumber modal yang bisa diperoleh saat mendirikan pabrik, baik pinjaman bank, uang pribadi, maupun investor. Investasi modal kerja dari pabrik vinil asetat monomer dapat dilihat pada Tabel 6.4 berikut:

Tabel 6.4 Working Capital Investment (WCI)

No	Komponen	Biaya
1.	Persediaan bahan baku	Rp 42.285.388.829,76
2.	Bahan baku dalam proses	Rp 933.770.956,91
3.	Penyimpanan produk	Rp 62.251.397.127,58
4.	Persediaan uang	Rp 62.251.397.127,58
5.	Biaya sebelum terjual	Rp 124.502.794.255,16
total		Rp 292.224.748.297,00

c. *Total Capital Investment (TCL)*

Total capital investment merupakan jumlah dari *fixed capital investment* dan *working capital investment*. *Total capital investment* pada pabrik vinil asetat ini adalah sebagai berikut:

$$TCI = FCI + WCI \quad (6.3)$$

$$TCI = \text{Rp } 571.194.886.890,20 + \text{Rp } 292.224.748.297,00$$

$$TCI = \text{Rp } 863.419.635.187,20$$

6.5.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya tahunan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk, *manufacturing cost* adalah total dari *direct manufacturing cost*, *indirect manufacturing cost* serta *fixed cost* yang selalu berkaitan dengan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik. *Direct manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.5 dibawah ini:

Tabel 6.5 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya
1.	Bahan Baku	Rp507.424.665.957,11
2.	Utilitas	Rp37.472.819.753,10
3.	Gaji Karyawan	Rp13.512.000.000,00
4.	Supervisi	Rp1.351.200.000,00
5.	Perawatan	Rp62.831.437.557,92
6.	<i>Plant Supplies</i>	Rp9.424.715.633,69
7.	Royalti Dan Paten	Rp1.884.943.126,74
Total		Rp633.901.782.028,55

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung merupakan biaya yang secara tidak langsung berhubungan dengan produksi pabrik. *Indirect manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.6 dibawah ini:

Tabel 6.6 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya
1.	<i>Payoll Overhead</i>	Rp 1.351.200.000,00
2.	Laboratorium	Rp 1.351.200.000,00
3.	<i>plant overhead</i>	Rp 5.404.800.000,00
4.	<i>packaging and shipping</i>	Rp 13.616.601.600,00
Total		Rp 21.723.801.600,00

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang bernilai tetap yang berhubungan dengan *fixed capital investment*. Biaya ini tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi dan akan selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. *Fixed manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya
1.	Depresiasi	Rp 57.119.488.689,02
2.	Pajak Properti	Rp 22.847.795.475,61
3.	Asuransi	Rp 11.423.897.737,80
Total		Rp91.391.181.902,43

d. *Total Manufacturing Cost (TMC)*

Total manufacturing cost dari pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8 *Manufacturing Cost*

No.	Komponen	Biaya /tahun
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp 633.901.782.028,55
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp 21.723.801.600,00
3.	<i>Fixed Manufacturing cost</i>	Rp 91.391.181.902,43
Total		Rp 747.016.765.530,99

6.5.3 *General Expense (GE)*

General Expenses atau disebut pengeluaran umum merupakan pengeluaran yang biasanya bersifat umum atau berhubungan dengan administrasi perusahaan diluar biaya produksi. Pengeluaran umum pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Pengeluaran Umum

No	Komponen	Biaya (Rp)
1.	Biaya Administrasi	Rp51.805.178.111,23
2.	Biaya Penjualan	Rp189.952.319.741,18
3.	<i>Financial</i>	Rp34.536.785.407,49
4.	Penelitian	Rp69.073.570.814,98
Total		Rp345.367.854.074,88

6.6 Analisa Keuntungan

1. Total Biaya Produksi

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Produksi} &= TMC + GE && (6.4) \\
 &= \text{Rp } 747.016.765.530,99 + \text{Rp } 345.367.854.074,88 \\
 &= \text{Rp } 1.092.384.619.605,87
 \end{aligned}$$

$$\text{Total Penjualan} = \text{Rp } 1.365.480.774.507,33_{(\text{chemanalyst.com})}$$

2. Keuntungan Sebelum Pajak

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{Total Penjualan} - \text{Biaya Produksi} && (6.5) \\
 &= \text{Rp } 1.365.480.774.507,33 - \text{Rp } 1.092.384.619.605,87 \\
 &= \text{Rp } 273.096.154.901,47
 \end{aligned}$$

3. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak sebesar 25% dan diambil dari keuntungan awal (Pasal 17 ayat 2a UU No. 36 Tahun 2008)

$$\text{Pajak} = \text{Rp } 269.143.823.979,25 \times 25\% = \text{Rp } 68.274.038.725$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan setelah pajak} &= \text{Rp } 273.096.154.901,47 - \text{Rp } 68.274.038.725 \\
 &= \text{Rp } 204.822.116.176,10
 \end{aligned}$$

6.7 Analisa Kelayakan Pabrik

Analisa kelayakan adalah analisa yang dilakukan untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum. Analisa ini juga digunakan untuk melihat besar atau kecilnya laba yang dihasilkan pabrik. Tujuan Analisa ini adalah untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi.

6.6.1 *Percent Return on Investment (% ROI)*

Return On Investment (ROI) merupakan kecepatan tahunan dimana keuntungan-keuntungan akan mengembalikan investasi (modal). Dalam bentuk dasar ROI dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam presentase dari keuntungan tahunan dengan investasi modal. Pabrik dengan risiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* diatas 44% (Aries, 1955). Perhitungan untuk menentukan ROI dapat dilihat pada persamaan 6.6 dibawah ini (Aries, 1955):

$$ROI = \frac{laba}{FCI} \times 100\% \quad (6.6)$$

Dari hasil perhitungan %ROI diperoleh nilai

- a. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI = \frac{Rp\ 273.096.154.901,47}{Rp\ 571.194.886.890,20} \times 100\%$$

$$ROI\ b = 47,8\ \%$$

- b. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI = \frac{Rp\ 204.822.116.176,10}{Rp\ 571.194.886.890,20} \times 100\%$$

$$ROI\ a = 35,86\ \%$$

6.6.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah waktu (tahun) yang diperlukan untuk mengembalikan Fixed Capital Investment berdasarkan profit yang diperoleh. Pada industri risiko tinggi, syarat POT sebelum pajak untuk pabrik adalah dibawah dari 2 tahun (Aries, 1955). Persamaan untuk menghitung POT adalah sebagai berikut (Aries, 1955):

$$POT = \frac{FCI}{(laba + depresiasi)} \quad (6.7)$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh POT adalah sebagai berikut:

- a. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT = \frac{Rp\ 571.194.886.890,20}{(Rp\ 273.096.154.901,47 + Rp\ 57.119.488.689,02)}$$

POT b = 1,73 tahun

- b. POT Setelah pajak (POT a)

$$POT = \frac{Rp557.396.359.248,40}{(Rp\ 204.822.116.176,10 + Rp\ 57.119.488.689,02)}$$

POT b = 2,18 tahun

6.6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan titik impas. BEP menunjukkan besarnya kapasitas produksi yang dapat menutupi biaya keseluruhan dan mencapai titik pabrik tidak mendapatkan keuntungan namun tidak menderita kerugian. Nilai BEP yang dapat diterima berada di antara 40% hingga 60%. untuk menghitung BEP digunakan persamaan 6.8 berikut:

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \quad (6.8)$$

Dimana:

F_a = Annual fixed expense at max production

R_a = Annual regulated expense at max production

S_a = Annual sales value at max production

V_a = Annual variable expense at max production

(Aries & Newton. 1955)

a. *Annual Fixed Expenses (Fa)*

Tabel 6.10 *Annual Fixed Expenses (Fa)*

No	Annual Fixed Cost (Fa)	Biaya
1	Depreciation	Rp 57.119.488.689,02
2	Property tax	Rp 22.847.795.475,61
3	insurance	Rp 11.423.897.737,80
Total		Rp 91.391.181.902,43

b. *Annual Regulated Expenses (Ra)*

Tabel 6.11 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	Gaji Karyawan	Rp 13.512.000.000,00
2	<i>payroll overhead</i>	Rp 1.351.200.000,00
3	<i>plant overhead</i>	Rp 5.404.800.000,00
4	<i>supervise</i>	Rp 1.351.200.000,00
5	<i>laboratory</i>	Rp 1.351.200.000,00
6	<i>general expenses</i>	Rp 345.367.854.074,88
7	<i>maintenance</i>	Rp 62.831.437.557,92
8	<i>plant supplies</i>	Rp 9.424.715.633,69
Total		Rp 440.594.407.266,49

c. *Annual Variable Expenses (Va)*

Tabel 6.12 *Annual Variable Expenses*

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	Bahan Baku	Rp 507.424.665.957,11
2	pengemasan dan pengiriman	Rp 13.616.601.600,00
3	Biaya bahan utilitas	Rp 37.472.819.753,10
4	Royaliti dan paten	Rp 1.884.943.126,74
Total		Rp 560.399.030.436,94

d. *Annual sales value (Sa)*

Dari hasil perhitungan nilai *annual sales value (Sa)* diperoleh nilai Sa yaitu sebesar:

$$Sa = \text{Rp } 1.365.480.774.507,33$$

Dari keempat komponen diatas, maka dapat di hitung nilai BEP pada pabrik vinil asetat ini yaitu sebesar:

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \quad (6.8)$$

$$BEP = \frac{\text{Rp } 91.391.181.902,43 + (0,3 \times \text{Rp } 440.594.407.266,49)}{1.365.480.774.507,3 - 560.399.030.436,94 - (0,7 \times 440.594.407.266,49)}$$

$$BEP = 44,84\%$$

6.6.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point (SDP) merupakan kondisi dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *Fixed cost* yang menyebabkan pabrik harus tutup. Hal ini dapat terjadi jika *variable cost* yang terlalu tinggi, sehingga biaya untuk melanjutkan operasi pabrik

akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Nilai SDP dapat ditentukan menggunakan persamaan 6.10 dibawah ini ((Aries, 1955):

$$SDP = \frac{0,3 R_a}{S_a - V_a - 0,7 R_a} \quad (6.9)$$

$$SDP = \frac{0,3 \times 440.594.407.266,49}{1.365.480.774.507,3 - 560.399.030.436,94 - (0,7 \times 440.594.407.266,4)}$$

$$SDP = 26,61\%$$

6.6.5 Discounted Cash Flow (DCF)

Discounted Cash Flow (DCF) adalah besar perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. *DFCR* Didasarkan atas investasi yang yang diperoleh ketika seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk proses produksi. *DCF* dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah kali bunga pinjaman bank. *DCF* (i) dapat dihitung dengan metode *present value analysis* (Peters & Timmerhaus. 2003). Present Value Analysis dihitung dengan persamaan berikut:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^n + Wc + Sv \quad (6.10)$$

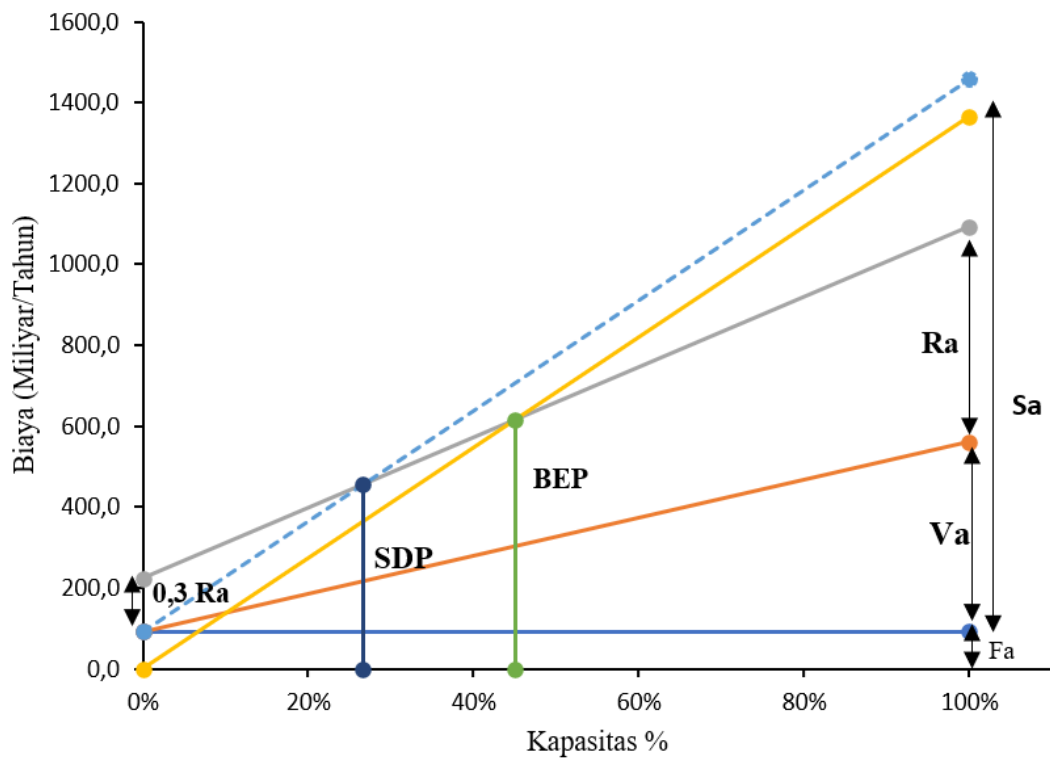
Dimana

- FC : *Fixed Capital*
: Rp 560.399.030.436,94
- WC : *Working Capital*
: Rp 292.224.748.297,00
- SV : *Salvage Value*
: Rp 57.119.488.689,02

- C : *cash flow*
- : *Profit after tax + depreciation + finance*
- : Rp 292.224.748.297,00
- n : Umur Pabrik = 10 tahun
- i : nilai DCFR

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan fitur goal seek sehingga diperoleh nilai *i* (DFCR) sebesar 33,14%

Berdasarkan hasil perhitungan Analisa ekonomi diperoleh grafik analisa ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan Pabrik

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan pabrik vinil asetat monomer ini adalah sebagai berikut :

1. Pabrik vinil asetat monomer (VAM) ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan untuk mengurangi impor terhadap bahan ini. Adanya pabrik ini juga dapat mendorong perekonomian negara, menciptakan lapangan kerja dan memacu berdirinya industri petrokimia seperti vinil asetat monomer ini.
2. Pabrik vinil asetat monomer dari asam asetat, etilen dan oksigen dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko tinggi berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah.
3. Pabrik ini menggunakan proses oxy asetilasi etilen dengan bahan baku asam asetat, etilen dan oksigen dengan reaksi yang berjalan dengan bantuan katalis palladium. Reaksi ini terjadi pada fase gas dan memiliki selektivitas yang lebih tinggi dibanding proses lain. Bahan baku dari pabrik vinil asetat monomer berupa etilen ini diperoleh dari pabrik lokal yaitu PT. Chandra Asri Tbk, Cilegon. Bahan baku oksigen diperoleh dari PT. Air Liquide Indonesia, Cilegon. Bahan baku berupa asam asetat diperoleh dari PT. Indo Acidatama Indonesia Tbk yang terletak di kota Solo Jawa Tengah.
4. Pabrik vinil asetat ini akan didirikan pada tahun 2025 di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten. Lokasi ini dipilih dengan mempertimbangkan lokasi pabrik bahan baku, kemudahan pemasaran, kemudahan sarana utilitas

dan sumber air, akses transportasi dan Pelabuhan, ketersediaan tenaga kerja yang terampil, serta kemudahan regulasi pemerintah.

5. Hasil analisa kelayakan dapat dilihat pada Tabel 6.13 dibawah ini:

Tabel 7.1 Analisa Kelayakan Pabrik vinil asetat

Komponen	Hasil Perhitungan	Syarat kelayakan	Keterangan
<i>Return Of investment (ROI)</i>		ROI _b > 44% untuk pabrik risiko tinggi	Layak
<i>ROI sebelum pajak (ROI_b)</i>	47,8 %		
<i>ROI setelah pajak (ROI_a)</i>	35,86 %		
<i>Pay Out Time (POT)</i>		POT _b < 2 Tahun (pabrik risiko tinggi)	Layak
<i>POT sebelum pajak (POT_b)</i>	1,73tahun		
<i>POT setelah pajak (POT_a)</i>	2,18 tahun		
<i>Break Even Point (BEP)</i>	45,01%	BEP yang dapat diterima 40-60% sehingga Pabrik	Layak
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	26,61%		
<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	33,14%	i > 1,5 dari bunga bank (4.5% bank BNI)	Layak

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik vinil asetat monomer (VAM) dari etilen, asam asetat, dan oksigen dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

7.2. Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan reaktor fluidized bed dalam proses reaksi pembentukan vinil asetat monomer.
2. perlu pengoptimalan lanjutan terkait cara memisahkan CO₂ dengan bahan baku gas lain saat proses *recycle* bahan baku

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, McGraw-Hill Book Company, New York
- Badan Pusat Statistik, 2022, Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor 2021 Jilid I 2017-2021, BPS RI.
- Badan Pusat Statistik, 2022, Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor 2017-2021, Jilid I, BPS RI.
- Branan, C., 2002, Rules of Thumb for Chemical Engineers, Gulf Publication, New York, USA.
- Brown, G.G., 1950, Unit Operation, John Wiley & Sons, New York
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959. Process equipment design: vessel design. John Wiley & Sons.
- Contreras, J.P., Naranjo, J.C., Ramírez, S., Martínez, D.M. and Gil, I.D., 2009, November. Vinyl Acetate from ethylene, acetic acid and oxygen Industrial Plant Simulation. In Proceedings of the Computing and Systems Technology Division, American Institute of Chemical Engineers (AIChE) Annual Meeting. AIChE (pp. 249-259).
- Coulson, J.M and Richardson, J.F., 1989, Chemical Engineering, vol. 6, Pergamon Press, Inc., New York
- Couper, J.R., Penney, W.R., Fair, J.R. and Walas, S.M., 2012. Chemical Process Equipment Selection and Design, Third edition, Elsevier, United States of America.
- Dimian, A.C. and Bildea, C.S., 2008. Vinyl acetate monomer process. Chemical Process Design; John Wiley & Sons, Incorporated: Weinheim, Germany, pp.287-312.
- Djoko, P., 2003, Komunikasi Bisnis, edisi 2, Erlangga, Jakarta
- Fogler, H. S., 2016. Elements of Chemical Reaction Engineering Fifth Edition. 5 ed. Michigan: Prentice-Hall.
- Geankoplis, C.J., 1983, Transport Processes and Unit Operations, 2nd ed., Allyn and Bacon Inc., Boston
- Guntur, M. and Fitri, A.C.K., 2020, August. Perancangan Alat Reaktor Alir Pipa Vertikal (Plug Flow Reactor) dengan Baffle Untuk Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu dengan Perubahan Laju Alir Reaktan. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan, dan Infrastruktur (SENTIKUIN)* (Vol. 3, p. C7). Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Han, Y.F., Kumar, D., Sivadinarayana, C. and Goodman, D.W., 2004. Kinetics of ethylene combustion in the synthesis of vinyl acetate over a Pd/SiO₂ catalyst. *Journal of Catalysis*, 224(1), pp.60-68.

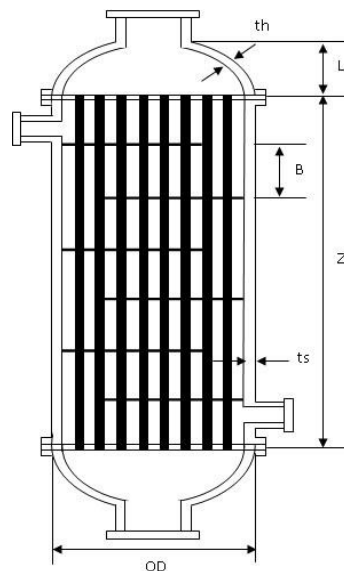
- Han, Y.F., Wang, J.H., Kumar, D., Yan, Z. and Goodman, D.W., 2005. A kinetic study of vinyl acetate synthesis over Pd-based catalysts: kinetics of vinyl acetate synthesis over Pd–Au/SiO₂ and Pd/SiO₂ catalysts. *Journal of catalysis*, 232(2), pp.467-475.
- Holman, J.P., 1981. *Heat Transfer*, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Howard, G., Bartram, J., Williams, A., Overbo, A., Geere, J.A. and World Health Organization, 2020. Domestic water quantity, service level and health.
- Kern, D.Q., 1983. *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Levenspiel, 1999. *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- Ludwig, G.E., 1997, *Applied Design for Chemical and Petrochemical Plants*, vol. 2, 3rd ed., Gulf Publishing Co., Houston
- Luyben and Tyreus, 1997, *An Industrial Design/ Control Study for Vinyl Acetate Monomer Process*, Du Pont Research Center, Denver.
- Mc Cabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P., 2018. *Unit operation of chemical engineering*. McGraw-Hill.
- McAdams 3rd, W.H., *Heat transmission*, 3rd edn, 1954. McGraw-Hill Series in Chemical Engineering, 7, pp.165-183.
- Motahari, K., Atashi, H., Fazlollahi, F., Tabrizi, F.F. and Sarkari, M., 2012. A kinetic study of Pd–Au catalyzed synthesis of vinyl acetate from oxidation of ethylene and acetic acid in heterogeneous gas reaction. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), pp.266-271.
- Nakamura, S., Yasui, T., 1970, The mechanism of the Palladium-catalyzed synthesis of vinyl acetate from ethylene in a heterogeneous gas reaction, *Journal of Catalysts*, Texas Olsen, D.G., 2001,
- Normurot, F. and Firdavsiy, B., 2021. The Effect of Catalytic Activity of Catalyst (Carrier) Nature in the Synthesis of Vinyl Acetate. *International Journal of Human Computing Studies*, 3(10), pp.16-19.
- Perry, R.H., and Green, D., 1999, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 4th edition, McGraw Hill, New York
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, *Plant Design and Economic for Chemical Engineers*, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Rase, H.F., 2000, *Handbook of Commercial Catalyst: Heterogeneous Catalysts*, John Wiley and Sons, New York
- Roscher, G., 2002. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany
- Sasmita, F., 2012. *Prarancangan Pabrik Vinyl Acetate Monomer dari Ethylene, Acetic Acid dan Oxygen Kapasitas 100.000 Ton/Tahun*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- Sinnott, Ray. Chemical Engineering Design: Chemical Engineering Volume 6. Elsevier, 2005.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott, M., 1993, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th edition, McGraw Hill, New York
- Smith, R., 2005, Chemical Process Design and Integration, John Wiley and Sons, New York, USA.
- Tkdn.kemenperin.go.id, 2023, Kapasitas Produksi Air Liquide Indonesia. Diakses pada 25 Maret 2023, dari https://tkdn.kemenperin.go.id/kapasitas.php?id=R9F0clu-fhI_Je-vlF3yRec4sWkLokSqY0J44QUF1RY.&pub=PuWof_o9nUINBBU7L3RZKVmOM-YJ--m5LkXlzPEolvY,&nama=GVeS4IbLFXZQb2SeE5antJgOJZKqx_8mU_JYWbVgZBo
- Treybal, R.E., 1980. Mass transfer operations. New York, 466, pp.493-497.
- Ulrich, G.D., 1987, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Volza.com, 2023. List of top Global Vinyl Acetate Vinyl Acetate Monomer Buyers & Importers from Indonesia. Diakses pada 25 Maret 2023, dari <https://www.volza.com/p/vam/buyers/coo-indonesia/>
- Volza.com, 2023. List of top Indonesia Vinyl Acetate Monomer exporters, suppliers & manufacturers Diakses pada 25 Maret 2023. <https://www.volza.com/p/vam/manufacturers/manufacturers-in-indonesia/>
- Walas, S.M., 1990. Chemical Process Equipment: Design and Selection, Butterworth Publishers, Stoneham, MA, USA
- Yaws, C.L., 1999. Chemical Properties Handbook, McGraw Hill, New York.

LAMPIRAN

Lampiran A. Perhitungan Reaktor

- Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitube*
- Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara etilen, asam asetat dan oksigen
- Bahan : - *Shell, Carbon Steel*
- Konstruksi : - *Pipe, Stainless Steel*
- Kondisi Operasi
- Suhu (T) : 150 °C
 - Tekanan (P) : 10 atm
 - Konversi : 9,83% (Etilen)
21,74% (Asam Asetat)
54,61% (Oksigen)
- Fungsi : Mereaksikan etilen, asam asetat dan oksigen menggunakan katalis Pd/Au/SiO₂ berdiameter 5 mm



Gambar A.1 Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Keterangan gambar :

OD : Diameter Luar

Ts : Tebal *Shell*

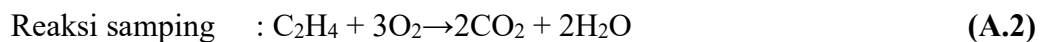
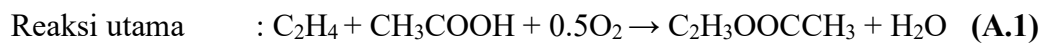
B : Jarak *Baffle*

Th : Tebal *Head*

Z : Panjang *Tube*

L : Panjang *Head*

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor:



A. Menentukan Jenis Reaktor

Dipilih reaktor jenis fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

- 1) Reaktor Fixed bed multitube cocok dengan reaksi fase gas dengan katalis padat.
- 2) Cocok dengan katalis yang memiliki umur 1-5 tahun seperti katalis Pd yang memiliki umur 2 tahun.
- 3) Reaksi pembentukan vinil asetat bersifat eksotermis sehingga perlu ada penjaga suhu berupa media pendingin. Sifat eksotermis ini juga mengharuskan reaktor memiliki luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan air pendingin bisa optimal.
- 4) Ukuran katalis Pd (5 mm) sesuai untuk reaktor fixed bed yang cocok dengan ukuran katalis 2-5 mm (Couper, 2015).

B. Menentukan Sifat Fisis Umpan Masuk

a) Data Fisis dan Termal

Berat molekul umpan merupakan berat molekul campuran gas yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$- \text{BM campuran} = \sum (B_{mi} \cdot y_i) \quad (\text{A.6})$$

- dimana

B_{mi} = berat molekul komponen i, kg/kmol

y_i = fraksi mol gas i

Tabel A.1 Berat Molekul Umpan.

Komponen	BM	Input		Yi	BM rata2
		kg/jam	kmol/jam		
C ₂ H ₄	28	16996	607	0,510873	14,304
CH ₃ COOH	60	15600	260	0,218825	13,13
O ₂	32	2208	69	0,058073	1,86
VAM	86	2,234	0,025975	2,19E-05	0,00188
H ₂ O	18	36,676	2,037542	0,001715	0,031
CO ₂	44	11004,34	250,0987	0,210492	9,262
total	268	45847,25	1188,162	1	38,58

b) Densitas Umpan

Z merupakan faktor asentrik dari gas. Z umpan masuk reaktor ditentukan menggunakan persamaan virial berikut:

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT} = 1 + \left(\frac{BP_c}{RT_c} \right) \frac{P_r}{T_r} = 1 + \hat{B} \frac{P_r}{T_r} \quad (\text{A.7})$$

$$\hat{B} \equiv \frac{BP_c}{RT_c} \quad (\text{A.8})$$

$$B^0 = 0.083 - \frac{0.422}{T_r^{1.6}} \quad (\text{A.9})$$

$$B^1 = 0.139 - \frac{0.172}{T_r^{4.2}} \quad (\text{A.10})$$

(Smith, 2018)

Dari persamaan A.7 sampai A.10 diperoleh nilai Z sebagai berikut

Tabel A.2 Hasil Koefisien Virial dan nilai Z

Gas	Tr	Pr	B0	B1	BP _c /RT _c	Yi*Z
C ₂ H ₄	1,498	0,196	-0,138	0,11	-0,13	0,502
C ₂ H ₄ O ₂	0,714	0,171	-0,641	-0,57	-0,90	0,172
O ₂	2,736	0,196	-0,001	0,14	0,001	0,0581
VAM	0,807	0,232	-0,511	-0,28	-0,61	1,8E-05
H ₂ O	0,654	0,045	-0,750	-0,89	-1,06	1,59E-03
CO ₂	1,391	0,134	-0,166	0,10	-0,14	0,208
Total	7,800	0,973	-2,208	-1,40	-2,84	0,941

$$\rho = \frac{P \cdot BM_{rata}^2}{R \cdot T \cdot Z} \quad (\text{A.10})$$

$$\rho = \frac{(10)(38,58)}{(82,05)(423)(0,941)} \times 1000$$

$$\rho = 11,66 \text{ kg/m}^3$$

c) Viskositas Gas Umpan

Persamaan yang digunakan untuk menentukan viskositas gas (μ_{gas}) adalah sebagai berikut:

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

hasil perhitungan viskositas adalah sebagai berikut:

Komponen	Koefisien A, B, dan C			Yi	Viskositas gas (μP)
	A	B	C		
C ₂ H ₄	-3,9850	0,3873	-0,0001	0,5109	7,14E+01
C ₂ H ₄ O ₂	-28,6600	0,2351	0,0002	0,2188	5,64E+01
O ₂	44,2240	0,5620	-0,0001	0,0581	1,34E+02
VAM	-7,4620	0,3047	-0,0001	0,0000	5,68E+01
H ₂ O	-36,8260	0,4290	0,0000	0,0017	7,24E+01
CO ₂	11,3360	0,4992	-0,0001	0,2105	1,04E+02
total					4,94E+02

(Yaws, 1999)

Dari hasil tersebut diperoleh nilai viskositas gas umpan reaktor adalah senilai:

$$\text{Viskositas gas } (\mu_{\text{gas}}) = 494 \text{ microPoise} = 4,94 \times 10^{-5} \text{ kg/s.m}$$

d) Konduktivitas Panas Gas Umpan (k_{gas})

Persamaan yang digunakan untuk menentukan Konduktivitas Panas Gas Umpan (k_{gas}) adalah sebagai berikut:

$$k_{gas} = A + BT + CT^2$$

hasil perhitungan konduktivitas masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

Gas	Koefisien A, B, dan C			Yi	Viskositas gas (μP)
	A	B	C		
C ₂ H ₄	-0,00123	$3,62 \times 10^5$	$1,25 \times 10^7$	0,5109	0,0185873
C ₂ H ₄ O ₂	0,00234	$-6,60 \times 10^6$	$1,16 \times 10^7$	0,2188	0,0044313
O ₂	0,00121	$8,62 \times 10^5$	$-1,33 \times 10^8$	0,0581	0,0020480
VAM	-0,00846	$5,87 \times 10^5$	$1,77 \times 10^8$	0,0000	0,0000004
H ₂ O	0,00053	$4,71 \times 10^5$	$4,96 \times 10^8$	0,0017	0,0000503
CO ₂	-0,01183	$1,02 \times 10^4$	$-2,22 \times 10^8$	0,2105	0,0057309
total					0,0308482

(Yaws, 1999)

Dari hasil tersebut diperoleh nilai viskositas gas umpan reaktor adalah senilai:

Konduktivitas Panas Gas Umpan (k_{gas}) = 0,031 W/m.K = 0,111 kJ/jam.m.K

e) Kapasitas Panas Gas Umpan ($C_{p_{gas}}$)

Persamaan yang digunakan untuk menentukan Kapasitas Panas Gas Umpan ($C_{p_{gas}}$) adalah sebagai berikut:

$$k_{gas} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

hasil perhitungan konduktivitas masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

Gas	Koefisien					$C_p \cdot Y_i$ (kJ/kmol K)
	A	B	C	D	E	
C ₂ H ₄	32,083	-0,015	2,48E-04	-2,38E-07	6,83E-11	26,3961
C ₂ H ₄ O ₂	34,850	0,038	2,83E-04	-3,08E-07	9,26E-11	17,7471
O ₂	29,526	-0,009	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12	1,7648
VAM	27,664	0,234	6,21E-05	-1,70E-07	5,79E-11	0,0028
H ₂ O	33,933	-0,008	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12	0,0591
CO ₂	27,437	0,042	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13	8,8681
total						54,8380

(Yaws, 1999)

Dari hasil tersebut diperoleh nilai viskositas gas umpan reaktor adalah senilai:

Konduktivitas Panas Gas Umpan (k_{gas}) = 0,031 W/m.K = 0,111 kJ/jam.m.K

C. Menentukan laju alir Volumetrik Gas input reaktor

$$v_0 = \frac{F_{input}}{\rho_{input}}$$

$$\rho_{campuran} = 11,66 \text{ kg/m}^3$$

$$v_0 = \frac{45847,25 \text{ kg/jam}}{11,66 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_0 = \frac{45847,25 \text{ kg/jam}}{11,66 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_0 = 3932,05 \text{ m}^3/\text{jam}$$

D. Menentukan konstanta dan laju reaksi

a) Spesifikasi katalis.

Bahan katalis	: Pd/Au/SiO ₂
Bentuk	: Spherical
umur katalis	: 2 tahun
Diameter katalis	: 5 mm = 0,005 m
Porositas	: 0,500898383
Bulk Density	: 1500 kg/m ³

b) Menghitung konstanta kecepatan reaksi dan laju reaksi (K & r).

Pada studi terbaru, reaksi pembentukan vinil asetat dapat dihitung menggunakan persamaan yang hanya menggunakan oksigen dan etilen (Dimian, 2008). Dengan persamaan (1.7) dan dari Tabel 1.8 diperoleh nilai k yaitu:

$$\begin{aligned}k_1 &= A_2 \exp(-E/RT) && \text{(A.4)} \\&= 7.95 \times 10^{-5} \times \exp \frac{-15000}{8,314 \times 423} \\&= 1,12\text{E-}06 \text{ mol / L s} \\&= 0,004021756 \text{ mol/ L jam}\end{aligned}$$

Kecepatan reaksi pembentukan vinil asetat dihitung dengan persamaan berikut

$$r_{VAM} = k p_{C_2H_4}^{\alpha} p_{O_2}^{\beta} \quad \text{(A.5)}$$

dengan,

k	: konstanta laju reaksi
$p_{C_2H_4}$: Tekanan Parsial (etilen)
p_{O_2}	: Tekanan Parsial Oksigen
α	: 0.36
β	: 0.2

E. Menentukan Ukuran Tube

Diameter tube reaktor (D_p) dipilih berdasarkan ukuran dari katalis (D_p). Perbandingan diameter katalis (D_p) : diameter pipa (D_t) yang terbaik adalah 0,15 karena menghasilkan rasio koefisien transfer panas pipa tertinggi (hw/h)

Tabel A.1

(Smith, Chemical engineering kinetic p 511)						
D_p/D_t	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7	7,8	7,5	7	6,6

Dimana:

D_p/D_t : rasio diameter katalis per diameter pipa

hw/h : rasio koefisien transfer panas pipa berisi katalis terhadap pipa kosong

$$D_p = 0,5 \text{ cm}$$

$$D_t = 0,5 \text{ cm} / 0,15$$

$$= 3,33 \text{ cm} = 1,33 \text{ inch}$$

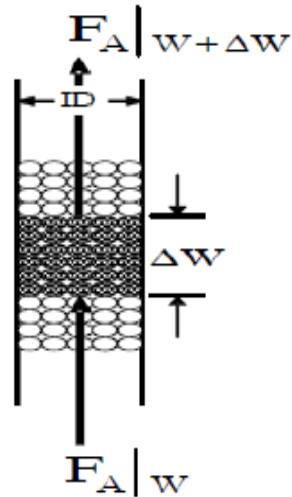
Sehingga dipilih diameter standar pipa 1,5 inchi dengan spesifikasi sebagai berikut:

OD _t	1,5 in	= 3,81 cm
BWG	18	
wall thickness	0,049 in	= 0,12 cm
ID _{tube}	1,45 in	= 3,68 cm
flow area/tube	1,4 in ²	= 9,03 cm ²
Surface/lin.ft(Outside)	0,3925	
Surface/lin.ft(Intside)	0,367	
Weight per lin	0,831 lb steel	

F. Menentukan Berat Katalis

a) Menentukan persamaan berat katalis dengan neraca massa

Diketahui basis adalah konversi etilen



Rate of input - Rate of output - Rate of reaction = Rate of accumulation

$$F_{A0} - F_{Aw} - (-rA)\Delta w = 0$$

$$\lim_{\Delta w \rightarrow 0} \frac{F_{A0} - F_{Aw}}{\Delta w} = (-rA)$$

$$\frac{dF_A}{dw} = (-rA)$$

$$dw = \frac{dF_A}{-rA}$$

Dimana

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

Sehingga

$$dw = \frac{F_{A0} - d(X_A)}{-rA}$$

$$w = F_{A0} \int_0^{x_a} \frac{dX_A}{-rA}$$

$$w = F_{C_2H_4} \int_0^{0,1} \frac{1}{-rA} dx$$

b) Menentukan Persamaan Tekanan Parsial Komponen

Berdasarkan persamaan laju reaksi pembentukan vinil asetat, diperlukan tekanan parsial dari komponen oksigen dan etilen.

Tekanan Parsial komponen

$$X_n = \frac{\text{mol } n}{\text{mol total}}$$

$$P_n = X_n \times P_{total}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh tabel nilai Hubungan antara konversi, fraksi mol, dan tekanan parsial etilen serta oksigen. Melalui persamaan (A.3) diperoleh nilai seperti pada grafik di bawah ini:

konversi	Fraksi Etilen ($X_{C_2H_2}$)	P	Fraksi Oksigen (X_{O_2})	P
0	0,51	5,04	0,0581	0,57
0,01	0,51	5,00	0,0551	0,54
0,02	0,50	4,96	0,0522	0,51
0,03	0,50	4,92	0,0492	0,49
0,04	0,49	4,88	0,0462	0,46
0,05	0,49	4,85	0,0432	0,43
0,06	0,49	4,81	0,0402	0,40
0,07	0,48	4,77	0,0372	0,37
0,08	0,48	4,72	0,0342	0,34
0,09	0,47	4,68	0,0311	0,31
0,0983	0,47	4,65	0,0286	0,28

Dengan mensubstitusi persamaan (A.3) terhadap persamaan (A.4) sehingga diperoleh hubungan

$$r_{VAM} = k p_{C_2H_4}^\alpha p_{O_2}^\beta$$

$$w = F_{C_2H_4} \int_0^{0,1} \frac{1}{k p_{C_2H_4}^\alpha p_{O_2}^\beta} dx$$

$$\frac{1}{kp_{C_2H_4}^\alpha p_{O_2}^\beta} = y$$

Nilai w kemudian di hitung menggunakan persamaan Trapezoida

$$w = F_{C_2H_4} \int_{x_1}^{x_2} y dx = F_{C_2H_4} \left(\frac{\Delta x}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + y_0) \right)$$

$$w = F_{C_2H_4} \int_{x_1}^{x_2} y dx = F_{C_2H_4} \left(\frac{\Delta x}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + y_0) \right)$$

$$w = F_{C_2H_4} \int_0^{0,1} y dx = F_{C_2H_4} \left(\frac{\Delta x}{2} (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + y_0) \right)$$

Berdasarkan hasil dari persamaan trapezoida diperoleh berat katalis yaitu sebesar
w katalis = 74.405,93 kg

G. Menentukan tinggi dan jumlah tube

$$\text{Volume Katalis } (V_{cat}) = \frac{w_{katalis}}{\rho_{katalis}} = \frac{74.405,93 \text{ kg}}{3005,4 \text{ kg/m}^3} = 24,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Tumpukan Katalis } (Z) = \frac{V_{cat}}{\pi \times \left(\frac{ID_{tube}}{2} \right)^2}$$

$$Z_{cat} = \frac{24,76 \text{ m}^3}{3,14 \times \left(\frac{0,0368}{2} \right)^2} = 23218,46 \text{ m}$$

Dipilih tinggi tube heat exchanger standar yaitu :

$$\text{Tinggi tube } (Z_{tube}) = 24 \text{ ft} = 7,3152 \text{ m}$$

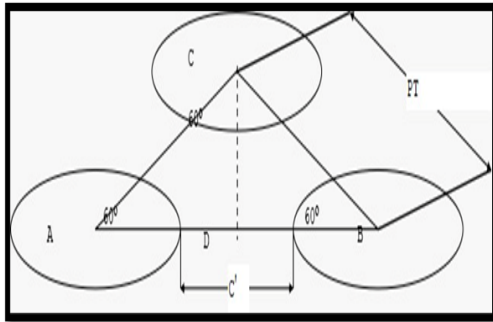
Asumsi 90% bagian tube diisi katalis, tinggi katalis per pipa adalah 90% dari tinggi tube

$$\frac{Z_{cat}}{\text{pipa}} = 90\% \times 7,3152 \text{ m} = 6,5837 \text{ m}$$

$$\text{jumlah pipa } (N_t) = \frac{Z_{cat}}{Z_{cat}/\text{pipa}} = \frac{23218,46}{6,5837} = 3175 \text{ buah}$$

H. Menentukan Diameter Shell

Susunan Tube = triangular



Pitch tube $= 1,875 \times OD_t$

Pitch Tube (Pt) = 0,048 m

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \times N_t \times P_t^2 \times 0,866}{\pi}}$$

$ID_s = 2,8186 m$

I. Spesifikasi Pendingin.

Jenis = Air

$T_{in} = 30^{\circ}\text{C}$

$T_{out} = 50^{\circ}\text{C}$

BM = 18

P = 1 atm

densitas pendingin = 1000 kg/m³

massa pendingin (W_p) = 176.921,67 kg/jam

J. Menghitung koefisien perpindahan panas overall (U_d).

Aliran dalam pipa adalah aliran transisi, maka

$N_{Re} = 3100$

$\mu = 0,000133 \text{ g/cm.dtk}$

$OD_t = 1,5 \text{ inch} = 3,81 \text{ cm}$

$ID_t = 1,45 \text{ inch} = 3,68 \text{ cm}$

$F_{total} \text{ (umpan total)} = 45847,25 \text{ kg/jam} = 101075,894 \text{ lb/jam}$

1) Tube side (Hot fluid)

$C_p = 54,84 \text{ kJ/kmol K} = 1,496 \text{ kJ/kg.K} = 0,36 \text{ Btu/lb.F}$

$\mu = 0,00049 \text{ g/cm s} = 0,12 \text{ lb/ft.h}$

$k = 0,03085 \text{ W/m k} = 0,01782 \text{ Btu/ft.h.F}$

PR = 0,01

$$G_t = \frac{\mu \times N_{Re}}{D_t} = \frac{0,00049 \text{ g/cm s} \times 3100}{3,68 \text{ cm}}$$

$G_t = 0,0416 \text{ g/cm}^2 = 306,59 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$

$L/D = 198,5$

$j_H = 9,6 \text{ (fig. 24 Kern, P.834)}$

$$h_i = j_H \left(\frac{k}{ID_t} \right) PR^{1/3}$$

$$h_i = 0,285 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$h_{io} = (h_i (ID/OD)) = 0,009308911 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

2) Shell side (fluida dingin, air)

$$T_{in} = 303,15 \text{ K} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{out} = 323,15 \text{ K} = 50^\circ\text{C}$$

$$T_{avg} = 313,15 \text{ K} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_a = 104^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,610 \text{ lb/ft.jam}$$

$$C_p = 0,999 \text{ Btu/(lb.}^\circ\text{F)}$$

$$k = 0,361 \text{ Btu/jam.ft.(F/ft)}$$

$$ID_s = 2,8186 \text{ m}$$

$$\text{Baffle} = 83,22590338$$

$$\text{Pitch} = 1,875$$

$$W_s = 176922 \text{ kg/jam} = 390045,04 \text{ lb/jam}$$

flow area pada shell, ft²

$$a_s = 82,75 \text{ in}^2 = 0,575 \text{ ft}^2$$

Mass velocity fluida dalam shell, lb/ft².h

$$G_s = 678719,02 \text{ lb/ft}^2 \text{ h}$$

Diameter Equivalent (De) (kern, 1983) P.139

$$De = 1,086 \text{ in} = 2,76 \text{ cm}$$

$$\text{Res} = 38143,98$$

$$j_H = 130 \text{ (fig. 24 Kern, P.834)}$$

$$h_o = 854,36 \text{ Btu/jam ft}^2$$

3) Clean overall coefficient (UC)

$$UC = \frac{(h_{io})(h_o)}{h_{io} + h_o}$$

$$UC = 0,00931 \text{ btu/ft}^2\text{h}$$

4) Menentukan Rd (*dirty factor*).

Kern, p.107 Tabel 12

Berdasarkan Tabel 12, kern diperoleh nilai rd sebagai berikut:

$$Rd \text{ shell} = 0,001 \text{ (Water)}$$

$$Rd \text{ tube} = 0,00005 \text{ (industrial gas)}$$

$$Rd = Rd \text{ shell} + Rd \text{ tube}$$

$$= 0,00105$$

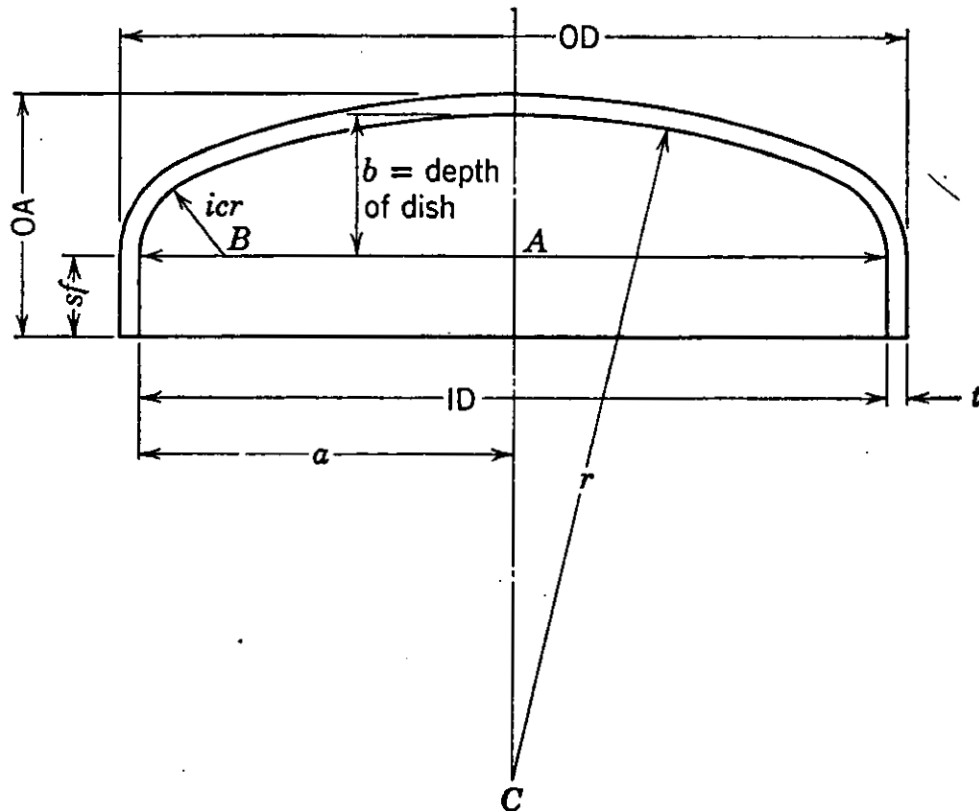
dari nilai Rd, maka diperoleh nilai ud sebagai berikut:

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

$$Ud = 0,00931 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.F}$$

K. Menentukan *Head* Reaktor.

1) Bentuk *Head*



Bentuk Head : *Torispherical Head*

Alasan pemilihan bentuk *Torispherical* adalah sebagai berikut:

- cocok digunakan untuk alat dengan tekanan 15 hingga 200 psig (Brownell and Young, 1959).
- konstruksi sederhana sehingga harganya cukup ekonomis (Sinnott, 2005).

2) Bahan Konstruksi

Dipilih material *Stainless Steel* 316 dengan alasan sebagai berikut:

- *Stainless Steel* 316L kuat tahan terhadap korosi sehingga cocok untuk asam asetat yang bereaksi dalam reaktor.
- bahan *stainless steel* dapat menahan tekanan dan suhu yang tinggi.

3) Tebal Head

Tebal head dapat di hitung menggunakan persamaan berikut: Pers 13.10

Brownell and Young:

$$tH = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2P} + c$$

$$ID_s = 2,81 \text{ m} = 111 \text{ in}$$

$$p = 17,635 \text{ psi} \quad (\text{Tekanan Design})$$

$$f = 18.750 \text{ lb/in}^2 \quad (\text{tekanan maksimum diizinkan})$$

$$E = 0,85 \text{ Double Welded but Joint} \quad (\text{Corrosion Allowance})$$

$$C = 0,13 \text{ in}$$

$$tH = \frac{(17,635)(114)}{2(18.750)(0,85) - (0,2)(17,635)} + 0,125$$

$$tH = 0,1375 \text{ in}$$

sehingga dipilih tebal head standar

$$tH = 0,1875 \text{ in} = 0,0047625 \text{ m}$$

4) Tinggi Head

Diketahui:

$$OD_s : 114$$

$$\text{tebal head standar} : 0,25 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 Brownell hal 90 diperoleh

$$icr : 6,88 \text{ in (tabel 5.7 Brownell)}$$

$$r : 108,00 \text{ in}$$

Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai

$$a = \frac{ID_s}{2}$$

$$b = r - AC$$

$$AB = a - icr$$

$$BC = r - icr$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$b = r - AC$$

$$OA = t + b + sf$$

Dimanaa

Dari Tabel 5.6 Brownell dengan tebal head standar 1/4 sf bernilai

$$sf = 1,5 - 2,5 = \text{diambil } sf = 1,5$$

sehingga diperoleh tinggi head (OA) sebesar:

$$OA = 21,01 \text{ in} = 0,53 \text{ m}$$

L. Menentukan Tinggi, Diameter, dan Volume Reactor.

1) Tinggi Reaktor (HR)

$$HR = \text{panjang tube} + 2 \times \text{tinggi head}$$

$$= 330,023 \text{ in}$$

$$= 27,502 \text{ ft}$$

$$= 8,383 \text{ m}$$

2) Diameter Reaktor

$$IDs = 110,968 \text{ in}$$

$$= 2,818583928 \text{ m}$$

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

$$= 0,00635 \text{ m}$$

$$ODs = \text{Diameter reaktor} + 2 \times \text{Tebal Shell}$$

$$= 111,468 \text{ in}$$

Dipilih diameter standar 114 in

$$= 114 \text{ in (Brownell hal 90 Tabel 5.7)}$$

$$= 2,896 \text{ m}$$

3) Volume Reaktor

- Volume Head (VH) (Eq 5.11, P.88, Brownell, 1959)

$$\begin{aligned} \text{VH} &= 2 \times (0,000049 \times \text{IDs}^3) \\ &= 135,7297961 \text{ in}^3 \\ &= 0,002224218 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Shell (VS)

$$\begin{aligned} \text{VS} &= (\pi / 4) \times \text{IDs}^2 \times Z \\ &= 2783919,375 \text{ in}^3 \\ &= 45,62026497 \text{ m}^3 \\ &= 45620,26497 \text{ L} \end{aligned}$$

- Volume Tube (VT)

$$\begin{aligned} \text{VT} &= (\pi / 4) \times \text{IDt}^2 \times Z \times \text{Nt} \\ &= 2784055,105 \text{ in}^3 \\ &= 45,62258941 \text{ m}^3 \\ &= 15018,40368 \text{ L} \end{aligned}$$

M. Spesifikasi Nozzle

Dipilih jenis pipa :

Pipa Reaktan dan Produk : Stainless Steel

Pipa Pendingin : *Carbon Steel*

Persamaan yang digunakan untuk menentukan diameter optimum pipa adalah sebagai berikut:

$$d \text{ Optimum Stainless Steel (mm)} = 260 \times G^{0,52} \times \rho^{-0,37}$$

$$d \text{ Optimum Carbon Steel (mm)} = 293 \times G^{0,53} \times \rho^{-0,37}$$

(Coulson and Richardson, 1983)

Dimana:

G = kec. umpan masuk (kg/s)

ρ = densitas umpan mix (kg/m³)

1) Diameter Pipa Gas Umpan

Diketahui untuk gas masuk reaktor:

$$G = 12,7 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 11,65988527 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga diameter optimum gas umpan adalah:

$$d_{\text{opt}} = 31,1 \text{ mm} = 1,22 \text{ in}$$

Spesifikasi standar pipa gas umpan yang diambil yaitu:

$$\text{ID} = 17,25 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 18 \text{ in}$$

2) Diameter Pipa Gas Keluar

Diketahui untuk gas keluar reaktor:

$$G = 12,73 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 165,144 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga diameter optimum gas umpan adalah:

$$d_{\text{opt}} = 147,56 \text{ mm} = 5,81 \text{ in}$$

Spesifikasi standar pipa gas umpan yang diambil yaitu:

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

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

3) Diameter Pipa Pendingin Masuk

Diketahui untuk gas keluar reaktor:

$$G = 49,145 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 1070,27 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga diameter optimum gas umpan adalah:

$$d_{opt} = 174,76 \text{ mm} = 6,88 \text{ in}$$

Spesifikasi standar pipa gas umpan yang diambil yaitu:

$$ID = 7,981 \text{ in}$$

$$OD = 8,625 \text{ in}$$

4) Diameter Pipa Pendingin Masuk

Diketahui untuk gas keluar reaktor:

$$G = 49,145 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 1050,85 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga diameter optimum gas umpan adalah:

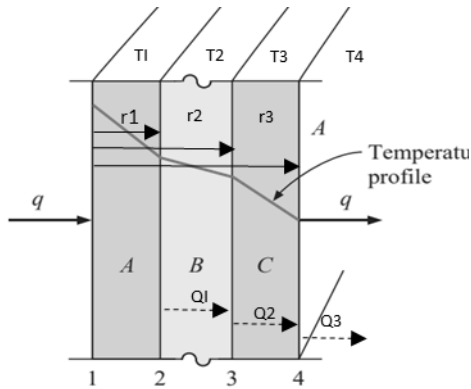
$$d_{opt} = 176,5469549 \text{ mm} = 6,95 \text{ in}$$

Spesifikasi standar pipa gas umpan yang diambil yaitu:

$$ID = 7,981 \text{ in}$$

$$OD = 8,625 \text{ in}$$

N. Perhitungan Tebal Isolasi



Keterangan

R_1 = Jari-jari reaktor dalam, m

R_2 = Jari-jari reaktor luar, m

R_3 = Jari-jari reaktor stlh diisolasi, m

T_1 = Suhu dinding dalam isolator, K

T_3 = Suhu dinding luar isolator, K

T_a = Suhu udara luar, K

k_1 = konduktivitas dinding Menara, W/mC

k_2 = konduktivitas panas isolator, W/mC

1) Jenis Isolator

Isolator yang digunakan jenis asbestos paper dengan data-data sebagai berikut:

emisivitas(ϵ) = 0,94

$k_{isolasi}$ = 0,097 Btu/hr.ftoF/ft = 0,16719 W/m.C

Suhu T_3 = 50 °C = 323,15 K

(Tabel 4.1, Tabel 2 Appendix, kern)

Suhu shell (T_1) = 150 °C = 363,15 K

Suhu udara luar (T_a) = 30 °C = 303,15 K

2) Menentukan suhu film (T_f) & koefisien perpindahan panas konveksi (h_c)

$$T_f = \frac{T_3 + T_a}{2}$$

$$T_f = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sifat Fisis Udara Pada T_f (40 °C)

Asumsi :

- Sifat-sifat udara tetap
- di sekeliling reaktor terjadi konveksi bebas

$$\begin{aligned}\rho &= 1,130756 \text{ kg/m}^3 \\ c_p &= 1006,558 \text{ J/kgC} \\ k &= 0,0272254 \text{ W/m.C} \\ \mu &= 1,91 \times 10^{-05} \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

(Daftar A-5, J.P.Holman)

dengan data tersebut, dapat ditentukan nilai koefisien perpindahan panas (h_c)

konveksi sebagai berikut:

$$\Delta t = T_3 - T_f = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_c = 0.19 (\Delta t)^{1/3}$$

$$h_c = 0,40934 \text{ W/m}^2\text{C}$$

(Mc Adams,1954)

3) Menentukan koefisien perpindahan panas radiasi (h_r)

$$q_r = \varepsilon \tau (T_s^4 - T_u^4)$$

$$h_r = \frac{q_r}{(T_s - T_u)}$$

dimana:

$$\varepsilon = \text{emisivitas} = 0,94$$

$$t = \text{konstanta Stefan Boltzman} = 5,67\text{E-}08 \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$T_s = \text{suhu dinding, K} = 323,00$$

$$T_u = \text{suhu udara, K} = 303$$

Sehingga diperoleh nilai koefisien perpindahan panas radiasi (h_r) adalah sebesar

$$h_r = 6,54290 \text{ W/m}^2\text{C}$$

4) Menentukan Tebal Isolasi Perpindahan Panas Radiasi (h_r)

- Panas tanpa isolasi

$$Q_{loss} = \frac{2\pi L(T_1 - T_a)}{\frac{\ln R_2/R_1}{k_1} + \frac{\ln R_3/R_2}{k_2} + \frac{1}{(hc + hr)R_3}}$$

- Panas dengan isolasi

$$Q'_{loss} = \frac{2\pi L(T_1 - T_3)}{\frac{\ln R_2/R_1}{k_1} + \frac{\ln R_3/R_2}{k_2}}$$

Fitur goal seek pada excel digunakan untuk mencari nilai diameter reaktor setelah isolasi (R_3) dengan menyamakan nilai berikut

$$Q_{loss} = Q'_{loss}$$

Sehingga diperoleh nilai tebal isolasi ($R_3 - R_2$) adalah sebesar

Tebal isolasi = 11,555 cm

O. Hasil Perhitungan Reaktor

Kondisi Operasi	
Tekanan <i>Tube</i>	10 atm
Tekanan <i>Shell</i>	1 atm
Suhu Masuk Reaktor :	150 °C
Suhu Keluar Reaktor:	150 °C
Pendingin	
Suhu masuk:	30 °C
Suhu keluar	90 °C
Massa Pendingin	59.043,17 kg/jam

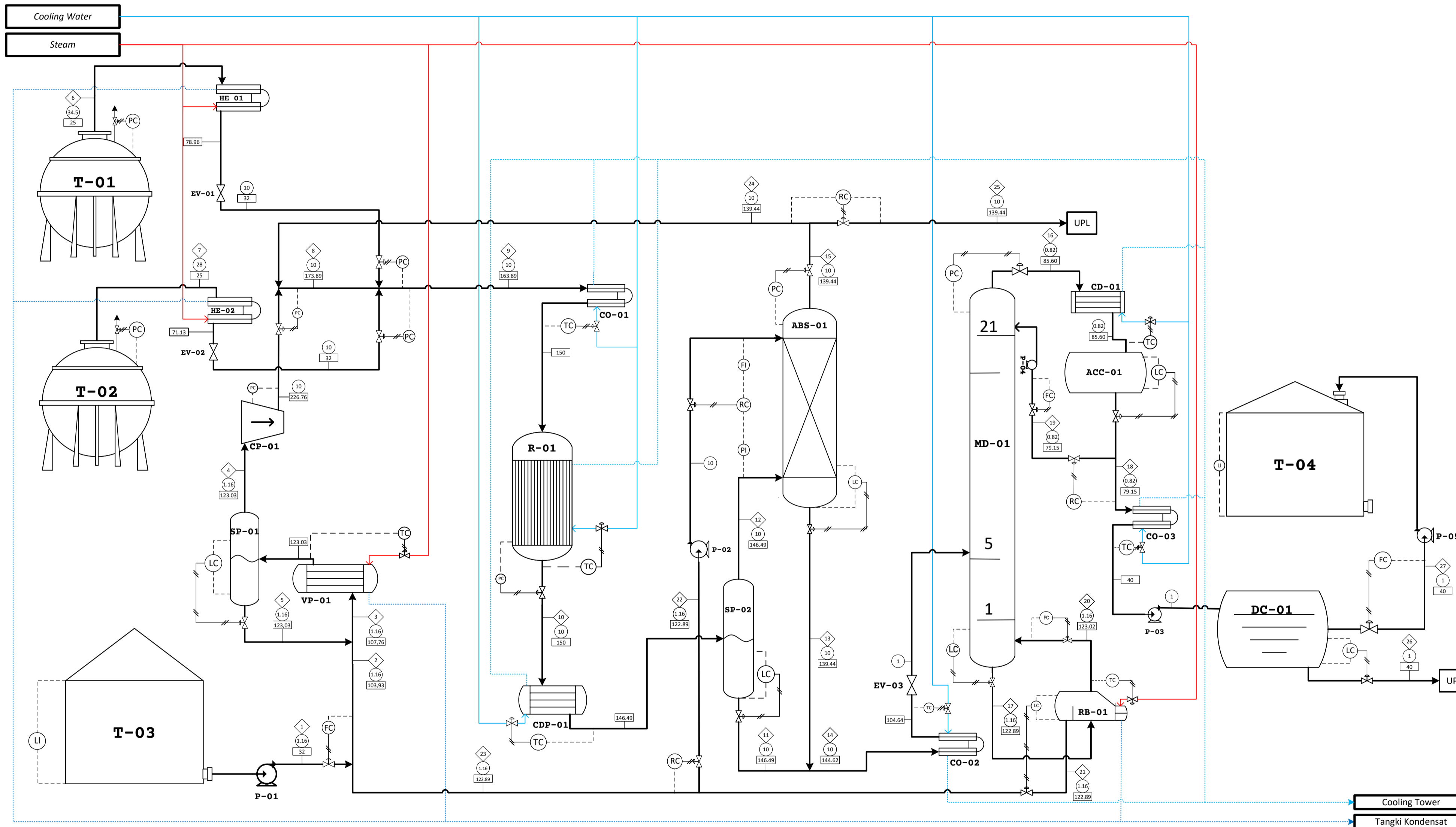
Spesifikasi Tube	
Jumlah	3.175 buah
Panjang tube	7,3152 m
IDT=	1,451 in
ODT=	1,5 in
susunan	<i>Triangular pitch 1 7/8-in</i>
Jumlah pass	1 Pass
material	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Spesifikasi Shell	
<i>ID Shell</i>	2,82 m
Tebal	0,25 in
<i>Jumlah pass</i>	1 Pass
Material	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<i>Baffle space</i>	2,1717 m
diameter	2,90 m
Tebal Isolasi	0,11 m
Diameter reaktor + isolasi	3,01 m
Spesifikasi Head	
Bentuk <i>Head</i>	Torispherical Head
Tebal <i>Head</i>	0,250 in
Tinggi <i>Head</i>	0,55 m
Tinggi Total Reaktor	8,42 m
Volume <i>Head</i>	0,48 m ³
Volume Total Reaktor	46,10 m ³
Pipa Pendingin	
Masuk	
ID	7,981 in
OD	8,625 in
Keluar	
ID	7,981 in
OD	8,625 in

Pipa Reaktan	
Masuk	
ID	17,25 in
OD	18 in
Keluar	
ID	6,065 in
OD	6,625 in

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER (VAM) DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN

KAPASITAS : 40.000 TON/TAHUN





JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRARANCANGAN PABRIK VINIL ASETAT MONOMER (VAM) DARI ETILEN, ASAM ASETAT, DAN OKSIGEN DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH:
 1. Andi Afif Alwan (19521181)
 2. Hastin Lintang Prabaningrum (19521116)

DOSEN PEMBIMBING:
 Dr. Ariany Zulkaina, S.T., M.Eng

Kode	Keterangan
T	Tangki
SP	Separator
P	Pompa
CDP	Kondenser Parsial
CO	Cooler
HE	Heater
R	Reaktor
ABS	Absorber
EV	Expansion Valve
CD	Condenser
MD	Menara Distilasi
ACC	Accumulator
DC	Decanter








Kode	Keterangan
LC	Level Control
LI	Level Indicator
PC	Pressure Control
TC	Temperature Control
RC	Ratio Control
	Control Valve
	Electric Connector
	Pneumatic
	Temperatur, °C
	Tekanan, atm
	Nomor Arus
	Arus Pendingin
	Arus Pemanas














Senyawa	ARUS																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
C_2H_4	-	-	-	-	-	-	2.048,3	14.947,7	16.996,0	15.325,3	-	15.325,3	-	-	15.325,3	-	-	-	-	-	-	-	-	14.947,7	377,6	-	-
CH_3COOH	3.398,7	15.598,7	19.498,4	15.598,7	3.899,7	-	-	15.600,0	15.600,0	12.208,4	12.085,0	123,4	6.222,1	18.307,1	1,4	37,3	55.684,5	7,1	30,2	37.384,5	18.300,0	6.100,0	12.200,0	1,3	0,0	7,1	-
O_2	-	-	-	-	-	1.230,6	-	977,4	2.208,0	1.002,1	-	1.002,1	-	-	1.002,1	-	-	-	-	-	-	-	-	977,4	24,7	-	-
$C_4H_6O_2$	-	1,1	1,4	1,1	0,3	-	-	2,2	2,2	4.863,5	4.570,1	293,4	292,7	4.862,8	1,2	25.573,3	5,0	4.861,2	20.712,1	3,3	1,6	0,5	1,1	1,1	0,0	37,0	4.824,2
H_2O	2,0	36,6	45,7	36,6	9,1	-	-	36,7	36,7	1.167,2	1.125,7	41,5	58,6	1.184,3	0,1	5.958,1	157,5	1.132,6	4.825,5	105,8	51,8	17,3	34,5	0,1	0,0	1.109,7	22,9
CO_2	-	-	-	-	-	-	1,6	11.002,7	11.004,3	11.280,7	-	11.280,7	-	-	11.280,7	-	-	-	-	-	-	-	-	11.002,7	278,0	-	-
total	3.400,7	15.636,3	19.545,4	15.636,3	3.909,1	1.230,6	2.049,9	42.566,8	45.847,3	45.847,3	17.780,8	28.066,4	6.573,4	24.354,2	27.610,8	31.568,7	55.847,0	6.000,8	25.567,8	37.493,6	18.353,4	6.117,8	12.235,6	26.930,4	680,4	1.153,7	4.847,1

Lampiran C. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa 1 : And Abdul Afif Alwan
NIM : 19521181
Nama Mahasiswa 2 : Hastin Lintang Prabaningrum
NIM : 19521116
Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Vinil Asetat Monomer (Vam)
Dari Etilen, Asam Asetat, dan Oksigen Dengan
Kapasitas
40.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 6 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	07/10/2022	Perkenalan dan diskusi mengenai judul yang akan dipilih	
2	14/10/2022	Konsultasi mengenai data supply	
3	24/10/2022	Konsultasi mengenai data supply dan demdan serta pemilihan proses produksi	
4	24/10/2022	Konsultasi mengenai data supply dan pemilihan proses produksi serta diagram alir proses	
5	11/11/2022	Konsultasi mengenai luaran 1	
6	05/12/2022	Konsultasi mengenai pemilihan proses dan nilai kinetika serta nilai termodinamika	
7	20/02/2022	Konsultasi mengenai pemilihan reaktor dan kondisi operasinya	
8	27/02/2022	Konsultasi terkait perancangan reaktor fixed bed multitube	

9	13/03/2023	Konsultasi terkait pemilihan alat besar pabrik	
10	27/03/2023	Konsultasi terkait perancangan beberapa alat besar dan revisi diagram alir proses	
11	04/04/2023	Fiksasi diagram alir proses adan alat besar yang dipilih	
12	22/05/2023	Fikasasi alat kecil di pabrik	
13	30/05/2023	Konsultasi terkait perancangan alat	
14	05/06/2023	Konsultasi terkait perancangan alat	
15	12/06/2023	Konsultasi terkait perancangan alat	
16	19/06/2023	Konsultasi terkait perancangan alat	
17	27/06/2023	Bimbingan terkait utilitas pabrik	
18	11/07/2023	Bimbingan Layout pabrik dan kekurangan di PEFD	
19	21/07/2023	Konsultasi terkait naskah sementara tugas akhir	
20	28/07/2023	Konsultasi terkait Analisa ekonomi	
21	04/08/2023	Konsultasi terkait grafik Ekonomi dan kesimpulan	
22			

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 6 Agustus 2023
Pembimbing



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