

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT
DARI VINIL ALDEHID DAN UDARA DENGAN
PROSES OKSIDASI DENGAN KAPASITAS 40.000
TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Audry Andryan

20521037

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT DARI VINIL ALDEHID DAN UDARA DENGAN PROSES OKSIDASI DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

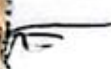
Nama : Audry Andryan

No. Mahasiswa : 20521037

Yogyakarta, 28 Oktober 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menunggu resiko dan konsekuensi apapun.

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

Tanda Tangan

Audry Andryan

10000
METERAI
TEMPEL
44AANX055707648

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT DARI VINIL
ALDEHID DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



NIP. 155211304

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT DARI VINIL ALDEHID DAN UDARA DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Audry Andryan

NIM : 20521037

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

Yogyakarta, 17 November 2025

Tim Penguji,

Penguji I : Tintin Mutiara, S.T., M.Eng., Dr.
Ketua

Penguji II : Prof. Ir. Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota I

Pengujian III : Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.
Anggota II

Menggetahui :

Ketua Program Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universita Islam Indonesia



Prof. Ir. Sholeh Mamun, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 995200445

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Asam Vinil Formiat dari Vinil Aldehid dan Udara Dengan Kapasitas 40,000 Ton/Tahun” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas daribantuan, dukungan dan bimbingan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWTm atas segala rahmat, kemudahan, dan petunjuk-Nya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua , adik, dan keluarga, atas kasih sayang, doa, motivasi, serta dukungan moril dan materi yang tiada henti diberikan kepada penulis
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T.,M.,Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Tintin Mutiara, S.T., M.Eng., Dr., selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti bagi penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Wahidatul Nur Kharisma, selaku teman, sahabat, dan kekasih yang senantiasa membantu, menemani, dan memberikan dukungan selama perjalanan penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
6. Semua pihak yang dapt disebutkan satu per satu, namun telah memberikan bantuan, dukungan, serta semangat hingga Tugas Akhir ini dapat terealisasi.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir Ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri, dunia akademik, dan pihaklain yang berkepentingan dalam bidang Industri kimia.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
PRAKATA.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL.....	XI
DAFTAR GAMBAR	XIII
ABSTRAK	XIV
ABSTRACT.....	XV
BAB I	15
PENDAHULUAN	15
1.1 Penentuan Kapasitas Produksi	15
1.1.1 Kapasitas Pabrik Yang Sudah Ada	15
1.1.2 Supply dan Demand	16
1.1.3 Peluang Kapasitas Produksi	18
1.1.4 Ketersediaan bahan baku.....	18
1.2 Tinjauan Pustaka	19
1.2.1 Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk	19
1.2.2 Macam – Macam Proses	21
1.3 Profit Kotor	22
1.4 Pemilihan Proses	22
1.5 Tinjauan Termodinamika	24
1.6 Tinjauan Kinetika	26
BAB II.....	27
PERANCANGAN PRODUK	27
2.1 Spesifikasi Produk.....	27
2.1.1 Sifat Fisis Produk.....	27
2.1.2 Sifat Kimia Produk.....	27
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	28

2.2.1	Sifat Fisis Bahan Baku	28
2.2.2	Sifat Kimia Bahan Baku.....	29
2.3	Pengendalian Kualitas	29
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	29
2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses	30
BAB III		33
PERANCANGAN PROSES		33
3.1	Diagram Alir Kuanlitatif	33
3.2	Diagram alir Kuantitatif	34
3.3	Uraian Proses	35
3.3.1	Proses persiapan bahan baku.....	35
3.3.2	Proses Oksidasi Produk.....	35
3.3.3	Proses Pemurnian Produk	36
3.4	Spesifikasi Alat	36
3.4.1	Reaktor	36
3.5	Spesifikasi Alat Pemisah.....	38
3.5.1	Menara Distilasi (MD-01).....	38
3.5.2	Separator (SP-01, SP-02)	38
3.6	Spesifikasi Alat Pendukung	39
3.6.1	Accumulator (AC-01)	39
3.6.2	Vaporizer (VP-01).....	39
3.6.3	Condensor Partial (CD-01)	40
3.6.4	Waste Heat Boiler (WHB – 01).....	41
3.6.5	Reboiler (RB – 01).....	42
3.7	Spesifikasi Alat Penyimpanan	43
3.8	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	44
3.8.1	Cair.....	44
3.8.2	Gas	45
3.9	Spesifikasi Alat Transfer Panas	45
3.10	Neraca Massa	47
3.10.1	Neraca Massa Alat	47
3.10.3	Neraca Massa Total.....	49

3.11 Neraca Panas	50
BAB IV	55
PERANCANGAN PABRIK	55
4.1 Lokasi Pabrik	55
4.1.1 Faktor Primer	56
4.1.2 Faktor Sekunder	57
4.2 Tata Letak (<i>Plant Layout</i>)	58
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses	63
4.4 Organisasi Perusahaan	64
4.4.1 Bentuk Perusahaan	64
4.4.2 Struktur Organisasi	65
4.4.3 Tugas dan Wewenang	65
4.4.5 Status Kerja Karyawan.....	77
4.4.6 Pembagian Jam Kerja Karyawan	78
4.4.7 Fasilitas dan Hak Pekerja	85
BAB V.....	88
UTILITAS.....	88
5.1 Unit Penyediaan dan pengolahan air.....	89
5.1.1 Unit penyediaan air	89
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	93
5.2 Unit Pembangkit Uap Panas (<i>Steam</i>)	96
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	97
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	98
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	99
5.6 Unit Penyedia Dowtherm.....	99
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas	100
5.8 Diagram Unit Pengolahan Air.....	113
BAB VI	114
EVALUASI EKONOMI.....	114
6.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	115
6.2 Dasar Perhitungan	119
6.3 Perhitungan Biaya	120

6.3.1	Capital Invesment (Modal)	120
6.3.2	<i>Manufactoring Cost</i> (Biaya Produksi)	121
6.3.3	<i>Geberal Expense</i> (Pengeluaran Umum).....	123
6.4	Analisa Kelayakan	124
6.4.1	Percent Retrurn On Investment (ROI).....	124
6.4.2	Pay Out Time (POT)	125
6.4.3	Break Event Point (BEP)	125
6.4.4	Shut Down Point (SDP)	126
6.4.5	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR).....	127
6.5	Analisa Resiko Pabrik	129
BAB VII.....		131
KESIMPULAN DAN SARAN.....		131
7.1	Kesimpulan	131
7.2	Saran.....	131
DAFTAR PUSTAKA		133
LAMPIRAN.....		136

DAFTAR TABEL

Table 1. 1 Kapasitas Pabrik Asam Vinil Formiat.....	15
Table 1. 2 Data impor Asam Vinil Formiat.....	16
Table 1. 3 Biaya bahan baku	22
Table 1. 4 Kriteria pemilihan proses	22
Table 1. 5 Panas Pembentukan Standar (ΔH_f^0)	24
Table 1. 6 Tabel Perubahan Energi Bebas Gibbs Pembentukan Standar	25
Table 1. 7 Nilai Kinetika	26
Table 2. 1 Sifat Fisis Produk	27
Table 2. 2 Sifat Fisis Bahan Baku	28
Table 3. 1 Spesifikasi Reaktor	36
Table 3. 2 Spesifikasi Menara Destilasi	38
Table 3. 3 Spesifikasi Separator	38
Table 3. 4 Spesifikasi Accumulator	39
Table 3. 5 Spesifikasi Vaporizer	39
Table 3. 6 Spesifikasi Condensor Partial	40
Table 3. 7 Spesifikasi Alat Penyimpan	43
Table 3. 8 Spesifikasi Alat Transportasi Cair	44
Table 3. 9 Spesifikasi Transportasi Gas Alat	45
Table 3. 10 Spesifikasi Alat Penukar Panas	45
Table 3. 11 Spesifikasi Alat Penukar Panas	47
Table 3. 12 Neraca Massa Reaktor	47
Table 3. 13 Neraca Massa Vaporizer	48
Table 3. 14 Neraca Massa Separator	48
Table 3. 15 Neraca Massa Condensor Partial	48
Table 3. 16 Neraca Massa Separator 2	49
Table 3. 17 Neraca Massa Menara Destilasi	49
Table 3. 18 Neraca Massa Total	49
Table 3. 19 Neraca Panas Vaporizer	50
Table 3. 20 Neraca Panas HE-01	50
Table 3. 21 Neraca Panas HE-02	51
Table 3. 22 Neraca Panas Reaktor	51
Table 3. 23 Neraca Panas Reboiler	51
Table 3. 24 Neraca Panas Condensor Partial	52
Table 3. 25 Neraca Panas Condensor Total	52
Table 3. 26 Neraca Panas Menara Destilasi	52
Table 3. 27 Neraca Panas Reboiler	53
Table 3. 28 Neraca Panas Cooler	53
Table 3. 29 Neraca Panas Cooler -02	53
Table 4. 1 Luas Area Layout Pabrik	60

Table 4. 2	Jadwal Kerja Karyawan Non-shift	79
Table 4. 3	Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	80
Table 4. 4	Daftar Penggolongan Jabatan.....	81
Table 4. 5	Jumlah Gaji Karyawan	83
Table 5. 1	Kebutuhan Air Domestik.....	91
Table 5. 2	Kebutuhan Air Pendingin.....	92
Table 5. 3	Kebutuhan Steam Pada Pabrik	92
Table 5. 4	Kebutuhan Air	93
Table 5. 5	kebutuhan listrik	97
Table 5. 6	Spesifikasi Bak Pengendapan Awal	100
Table 5. 7	Spesifikasi Bak Pencampur Cepat.....	100
Table 5. 8	Spesifikasi Clarifier	101
Table 5. 9	Spesifikasi Saringan Pasir	102
Table 5. 10	Spesifikasi Penampung Air Bersih.....	103
Table 5. 11	Spesifikasi Bak Air Minum.....	103
Table 5. 12	Spesifikasi Menara Pendingin	104
Table 5. 13	Spesifikasi Kompresor Udara	105
Table 5. 14	Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan	108
Table 5. 15	Spesifikasi Pompa	111
Table 6. 1	Chemical Engineering Plant Cost Index	116
Table 6. 2	Harga Alat Tahun Evaluasi	118
Table 6. 3	Harga Alat Utilitas Pada Tahun Evaluasi.....	118
Table 6. 4	Harga Alat Utilitas	119
Table 6. 5	Harga Alat Utilitas	119
Table 6. 6	Physical Plant Cost (PPC)	120
Table 6. 7	Direct Plant Cost (DPC).....	120
Table 6. 8	Fixed Capital Investment (FCI).....	120
Table 6. 9	Working Capital (WC)	121
Table 6. 10	Direct Manufacturing Cost (DMC)	122
Table 6. 11	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	122
Table 6. 12	Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	123
Table 6. 13	Total Manufacturing Cost (FMC)	123
Table 6. 14	General Expense.....	123
Table 6. 15	Total Production Cost (TPC).....	124
Table 6. 16	Fixed Manufacturing Cost (Fa)	126
Table 6. 17	Annual Regulated (Va).....	126
Table 6. 18	Regulated Manufacturing Cost (Ra)	126
Table 6. 19	Analisa Resiko Pada Pabrik	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Vinil Formiat	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kuantitatif.....	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	34
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik	55
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik.....	62
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses.....	63
Gambar 5. 1 Diagram Unit Pengolahan Air	113
Gambar 6. 1 Grafik Regresi Index.....	117
Gambar 6. 2 Grafik Analisi Kelayakan.....	128

ABSTRAK

Pabrik Asam Vinil Formiat dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 40.000 ton per tahun dan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun. Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi adalah vinil aldehid (akrolein) dan udara dengan metode reaksi oksidasi. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur, dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 165 orang. Produk yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian mencapai 99%. Proses produksi Asam Vinil Formiat tergolong memiliki risiko tinggi karena melibatkan operasi pada suhu dan tekanan yang relatif besar serta penggunaan bahan baku yang bersifat reaktif dan mudah terbakar. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian proses dan keselamatan kerja yang ketat untuk menjamin keamanan operasional pabrik. Dari hasil analisis ekonomi diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 100.381.351.894 per tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 78.297.454.894 per tahun. Waktu pengembalian modal (Pay Out Time, POT) sebelum pajak adalah 1,32 tahun dan setelah pajak 1,42 tahun. Nilai Return on Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 24% per tahun dan setelah pajak sebesar 19% per tahun. Titik impas (Break Even Point, BEP) dicapai pada kapasitas produksi 41%, sedangkan titik penghentian operasi (Shutdown Point, SDP) berada pada 16%. Nilai Discounted Cash Flow (DCF) yang diperoleh sebesar 14% per tahun. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik Asam Vinil Formiat dengan kapasitas 40.000 ton per tahun layak untuk direalisasikan karena menunjukkan kelayakan dan potensi keuntungan yang baik.

Kata kunci: Asam Vinil Formiat, oksidasi, vinil aldehid, analisis ekonomi, kelayakan pabrik.

ABSTRACT

The Vinyl Formic Acid Plant is designed with a production capacity of 40,000 tons per year and operates for 330 days annually. The raw materials used in the production process are vinyl aldehyde (acrolein) and air, with oxidation as the main reaction method. The plant is planned to be constructed in Jabon, Sidoarjo, East Java, employing a total of 165 workers. The product obtained has a purity level of 99%. The production process of Vinyl Formic Acid is categorized as high-risk due to its operation at elevated temperatures and pressures, as well as the reactive and flammable nature of the raw materials. Therefore, a comprehensive process control system and strict safety management are required to ensure operational reliability and worker safety. Based on the economic analysis, the plant generates a pre-tax profit of Rp 100.381.351.894 per year and a post-tax profit of Rp 78.297.454.894 per year. The Pay Out Time (POT) is 1.32 years before tax and 1.42 years after tax. The Return on Investment (ROI) is 24% per year before tax and 19% per year after tax. The Break Even Point (BEP) occurs at 41% of production capacity, while the Shutdown Point (SDP) is at 16%. The Discounted Cash Flow (DCF) value is 14% per year. From the technical and economic evaluations, it can be concluded that the establishment of a Vinyl Formic Acid Plant with a capacity of 40,000 tons per year is economically feasible and promising for industrial implementation.

Keywords: Vinyl Formic Acid, oxidation, vinyl aldehyde, economic analysis, plant feasibility

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan jumlah kapasitas produksi sangat berpengaruh terhadap segi ekonomi dan bahan baku serta proses produksi. Oleh karena itu jumlah kapasitas produksi ditentukan berdasarkan pertimbangan pertimbangan berikut:

1.1.1 Kapasitas Pabrik Yang Sudah Ada

Kapasitas pabrik yang telah berdiri dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam penentuan kapasitas yang akan didirikan. Berikut daftar nama Perusahaan yang telah memproduksi asam vinil formiat di luar negeri:

Table 1. 1 Kapasitas Pabrik Asam Vinil Formiat

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Other China	Various, China	280.000
Mitsubishi Chemical	Yokkaichi, Japan	110.000
Jilin Petrochemical	Jilin, China	35.000
Oita Chemical	Oita, Japan	60.000
Singapore Acrylics	Pulau Sakra, Singapore	75.000
Vigon International	Pennsylvania, US	300.000
LG Chem	Seol, Korea	150.000

(<https://us.metoree.com>)

Kapasitas pabrik yang telah didirikan harus menjadi acuan terhadap pabrik yang akan didirikan.

1.1.2 Supply dan Demand

a. Impor

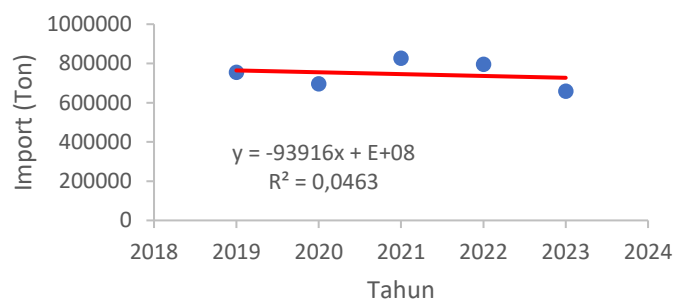
Aktivitas impor asam vinil formiat selama 5 tahun disajikan dengan data berikut :

Table 1. 2 Data impor Asam Vinil Formiat

Tahun	Kapasitas Impor (kg/Tahun)
2019	754168
2020	695918
2021	825416
2022	794843
2023	657747

(www.bps.go.id)

Berdasarkan data table di atas dapat digambarkan grafik impor asam vinil formiat di indonesia sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Vinil Formiat

Berdasarkan data grafik impor asam vinil formiat diperoleh persamaan $y = -93916x - 2E+08$. Nilai x berperan sebagai tahun

satuan ton dan y adalah data impor asam vinil formiat pada tahun tertentu dengan satuan ton. Pabrik asam vinil formiat di rencanakan beroperasi pada tahun 2029, sehingga perhitungan kapasitas berdasarkan persamaan garis linear tersebut adalah:

$$y = -93916x + E + 08$$

$$y = -93916(2029) - E + 8$$

$$y = 90.555 \text{ Ton/Tahun}$$

Berdasarkan perhitungan persamaan regresi linear diperoleh nilai kapasitas pabrik asam vinil formiat pada tahun 2029 adalah 90.555 ton/tahun.

b. Produksi

Jumlah Produksi asam vinil formiat dinyatakan 0 karena pada saat ini di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi asam vinil formiat.

c. Ekspor

Jumlah ekspor asam vinil formiat di Indonesia dinyatakan 0 karena belum ada pabrik yang memproduksi asam vinil formiat.

d. Konsumsi

Asam vinil formiat digunakan sebagai bahan dasar untuk berbagai produk, salah satunya yaitu cat warna tembok. PT Avia

Avian Tbk. (Avian Brands) merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi cat warna tembok yang menggunakan asam vinil formiat sebagai bahan bakunya sebesar 50% dari total campurannya dengan kebutuhan 8.000 ton/tahun.

1.1.3 Peluang Kapasitas Produksi

Berdasarkan data supply dan demand yang telah diperoleh nilai peluang produksi dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{Supply} - \text{Demand} \\ &= (\text{Impor} + \text{Produksi}) - (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) \\ &= (90.555 + 0) - (0 + 4.000) \\ &= 86.555 \text{ Ton/Tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil peluang kapasitas produksi dan data import, kapasitas pabrik asam vinil formiat yang akan didirikan adalah setengah dari perhitungan yang ada yaitu sebesar 40.000 ton/tahun.

1.1.4 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama suatu proses produksi pabrik. Bahan baku dari asam vinil formiat adalah vinil aldehyd dan udara. Vinil aldehyd hanya dapat diperoleh dengan mengimport karena belum terdapat berdirinya pabrik vinil aldehyd/akrolein di Indonesia. Vinil aldehyd dapat diimport dari perusahaan union carbide dengan kapasitas 50.000 ton/tahun yang berlokasi di amerika serikat sedangkan udara dapat diperoleh secara gratis.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk

a. Asam Vinil Formiat

Asam vinil formiat adalah senyawa kimia yang memiliki rumus molekul $C_3H_4O_2$. Senyawa ini juga dikenal dengan nama asam prop-2-enoat atau 2-propenoic acid. Nama lain dari asam vinil formiat adalah asam akrilat. Asam binil formiat merupakan salah satu jenis asam karboksilat tak jenuh yang memiliki gugus fungsional karboksilat ($-COOH$) dan gugus alkena ($-CH=CH_2$) dalam strukturnya.

Kegunaan asam vinil formiat dalam industri dekoratif, batu dan coating serta kegunaan lainnya seperti perekat, pelapis kertas dan kulit, pemoles, dan coating tablet. Penggunaan asam akrilat yang utama lainnya yaitu dalam pembuatan polyakrilat yang digunakan sebagai pengental dan dispersan, selain itu sebagai resin untuk binders dalam cat. Asam akrilat juga digunakan sebagai komonomer dengan akrilamida dalam poliakrilamida anionik dan menghasilkan hidroksilat yang digunakan dalam formulasi industri coating.

Selain itu asam akrilat juga digunakan sebagai bahan baku produk Super Absorbent Polymer (SAP) yang merupakan turunan dari asam akrilat. SAP adalah salah satu bahan baku dalam produksi diapers (popok sekali pakai) di mana saat ini sudah di

produksi di empat wilayah yaitu Jepang, Amerika, Eropa dan China. Permintaan global untuk asam akrilat diperkirakan meningkat 4,5% per tahun dengan didorong oleh pertumbuhan Super Absorbent Polymer (SAP) sebesar 2 5,5% per tahun dan ester akrilat sebesar 4% per tahun selama 2016-2021 (Markit, 2017)

b. Vinil Aldehid

Vinil Aldehid atau Akrolein (2-propanal / C_3H_4O / $CH_2=CH$ CHO)) adalah senyawa aldehid tidak jenuh yang paling sederhana. Akrolein adalah senyawa yang sangat beracun, mudah terbakar, dapat menimbulkan air mata. Pada temperatur kamar, akrolein berfase cair dengan volatilitas dan sifat mudah terbakar mirip dengan acetone, tetapi tidak sebagaimana acetone, akrolein sedikit larut dalam air.

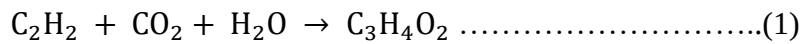
c. Oksigen

Oksigen merupakan bahan yang mudah terbakar sehingga penyimpanan harus dihindari dari bahan pemicu api. Oksigen digunakan untuk proses oksidasi vinil aldehid. Konsentrasi oksigen yang digunakan adalah 100% (99,6%) (99,999% (Rp 400.000- 500.000/40L/6m³) N₂ 1 ppm, (moisture content) H₂O 1 ppm, total hydrocarbon 1 ppm) guna untuk memaksimalkan produksi dari asam vinil formiat.

1.2.2 Macam – Macam Proses

a. Asetilena Karbonmonoksida

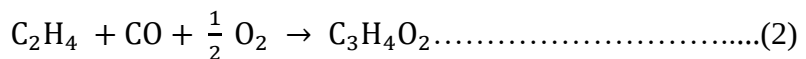
Asam vinil formiat dari asetilena



Asetilena Karbon monoksida Air Asam vinil formiat Pada proses ini melibatkan senyawa carbon monoksida saat reaksi pembentukan dengan suhu 200°C dan pada tekanan 2016 psi sehingga berbahaya.

b. Etilen Karbonmonoksida

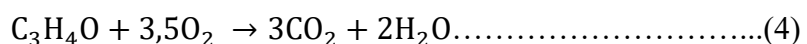
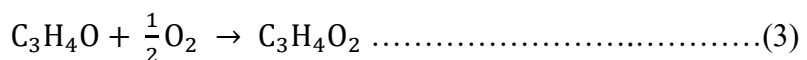
Asam vinil formiat dari etilen



Pada proses ini hanya bereaksi dengan konversi 30-70°C dan pada yield 60-70%.

c. Vinil aldehid dan udara

Asam vinil formiat dari vinil aldehid dan udara



Pada proses ini membutuhkan penanganan keamanan khusus dikarenakan bereaksi pada suhu 280 °C dan tekanan 6 atm.

1.3 Profit Kotor

Table 1. 3 Biaya bahan baku

Senyawa	Molar Mass	ms kg/mol	Value (\$/kg)	total	in IDR
C ₃ H ₄ O ₂	72,0636	0,072	112,50	8,107155	Rp 129.714,48
O ₂	31,9988	0,032	0	0	Rp -
C ₃ H ₄ O	56,0642	0,056	2,18	0,12222	Rp 1.955,52

- Harga bahan baku

Aldehid + udara Rp 1.955,52

- Harga Produk

Asam vinil formiat Rp 129.174,48

- Profit Kotor

Harga produk – harga bahan baku Rp 127.758,96

1.4 Pemilihan Proses

Metode untuk pembentukan asam vinil formiat dapat disimpulkan berdasarkan data table dibawah ini:

Table 1. 4 Kriteria pemilihan proses

Parameter	Proses 1	Proses 2	Proses 3
Bahan baku	Asitelin Karbondioksida	Etilen Karbondioksida	Vinil Aldehid Udara
Kondisi operasi:			
T=	200°C	20-200°C	250-360°C
P=	138 atm	1 atm	1 atm

Parameter	Proses 1	Proses 2	Proses 3
konversi	85%	30%-70%	98.5%
yield	95-98%	60-70%	90-98%
katalis	Nikel Bromida dan Copper (II) Bromida	Palladium/Rhenium Chloride	Molibdenum Oxide

Reaksi pembentukan asam vinil formiat berlangsung pada tekanan atmosfer dan suhu antara 280-300°C, tergantung pada rasio pada katalis Molibdenum Oxide (MoO₃), (adams et al 2004). Selain itu juga yield dari asam vinil formiat meningkat ketika konsentrasi oksigen meningkat (Sooknei et.al,2012).

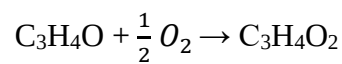
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan proses proses suatu produk seperti biaya operasi, Tingkat pemanfaatan, biaya bahan baku dan investasi, menjadi hal yang perlu dikaji terlebih dahulu. Oleh karena itu, dipilihnya metode asam vinil formiat dari vinil aldehid dan udara dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Nilai hasil konversi yang sangat tinggi yaitu dapat mencapai 90% hingga 98%.
- b. Pengendalian proses yang cukup mudah dikarenakan bahan baku yang digunakan memiliki komposisi yang sederhana

- c. Vinil aldehyd dan udara sebagai bahan baku yang sangat mudah diperoleh dan tersedia dalam jumlah besar
- d. Pengendalian dan biaya perawatan yang relatif murah karena menggunakan peralatan dan proses yang sederhana.

1.5 Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



Kondisi operasi :

$$T = 250^\circ\text{C} \rightarrow 523 \text{ K}$$

Untuk membuktikan reaksi dapat berlangsung pada suhu 25°C , maka dapat dibuktikan dengan perubahan energi bebas Gibbs.

Table 1. 5 Panas Pembentukan Standar (ΔH_f^0)

Senyawa	Rumus Kimia	$\Delta H_f^0_{(298\text{k})} \text{ (kJ/mol)}$
Asam Vinil Formiat	$C_3H_4O_2$	-363,23
Vinil Aldehyd	C_3H_4O	-81,00
Udara	O_2	0

(yaws,1999)

$$\Delta H_f^0_{(298\text{k})} = \sum \Delta H_f^0_{\text{produk}} - \sum \Delta H_f^0_{\text{reaktan}} \quad (\text{yaws,1999})$$

$$= [\Delta H_f^0 C_3H_4O_2] - [\Delta H_f^0 C_3H_4O + \Delta H_f^0 O_2]$$

$$= [-363,23] - [-81,00 + 0]$$

$$= -282,23 \text{ kJ/mol}$$

Jadi, berdasarkan nilai enthalpi yang dihasilkan yaitu negative, maka proses tersebut berjalan secara **eksotermis**. Konstanta Keseimbangan :

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$R = 8,314 \text{ kJ/mol.K}$$

Table 1. 6 Tabel Perubahan Energi Bebas Gibbs Pembentukan Standar

Senyawa	Rumus Kimia	$\Delta G_f^0(298\text{k})$ (kJ/mol)
Asam Vinil Formiat	$C_3H_4O_2$	-286,06
Vinil Aldehid	C_3H_4O	-55,98
Udara	O_2	0

(yaws,1999)

$$\Delta G_f^0(298\text{k}) = \sum \Delta G_f^0_{\text{produk}} - \sum \Delta G_f^0_{\text{reaktan}} \quad (\text{yaws,1999})$$

$$= [\Delta G_f^0 C_3H_4O_2] - [\Delta G_f^0 C_3H_4O + \Delta G_f^0 O_2]$$

$$= [-286,06] - [-55,98 + 0]$$

$$= -230,08 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat dikatakan bahwa nilai $\Delta G_f^0(298)$ bernilai negative, itu artinya produk dapat terbentuk dan reaksi berlangsung secara **spontan**.

$$\Delta G_{(298)} = -RT \ln K \quad (\text{yaws,1999})$$

$$\ln K_{(298)} = \Delta G / -RT \quad (\text{yaws,1999})$$

$$= \exp \left(\frac{-230,08}{(-8,314 \times 298)} \right)$$

$$K_{(298)} = 1,0973$$

Reaksi **Irreversible**, karena nilai ($K \gg 1$)

(Fogler, H. S., 2016)

1.6 Tinjauan Kinetika

Persamaan :

$$K = k_0 \cdot \exp \frac{-E}{RT}$$

(Atkins & de Paula, 2014)

K = Nilai Kinetika

k_0 = Faktor tumbukan ($L \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$)

-E = Energi Aktivasi ($Kj/Kmol$)

R = Konstanta Gas Ideal ($3,184 \text{ Kj/Kmol K}$)

T = Suhu Operasi (K)

Table 1. 7 Nilai Kinetika

Reaksi	$k_0 (L \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1})$	$E_A (Kj/Kmol)$
Utama	$31,6 \times 10^8$	- 199000
Sampling	$35,4 \times 10^6$	- 108000

(Kampe *et al.*, 2007)

Berdasarkan nilai tersebut diperoleh nilai K untuk masing masing

reaksi yaitu,

Reaksi Utama, $K = 0,004145122$

Reaksi Sampling, $K = 0,000582376$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Sifat Fisis Produk

Table 2. 1 Sifat Fisis Produk

No	Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
1.	Asam Vinil Formiat (C ₃ H ₄ O ₂)	Berat Molekul	72,06 gram/mol
		Titik didih	141,2 °C
		titik leleh	13,5 °C
		densitas	1,54 g/ml @25 °C
		titik nyala	54 °C
		bentuk	Cair
		warna	Tidak berwarna
		bau	Acid odor
		solubilitas	100 mg/ml @63 °C
		temperatur krisis	615 K
		tekanan krisis	56,6 bar
		Cp gas	78,636 j/mol K
		Cp Liquid	166.66 j/mol K
2.	Air (H ₂ O)	Berat Molekul	18,02 g/mol
		Bentuk	Cairan
		Warna	Tidak berwarna
		Titik didih	100 °C
		Viskositas	0,952
3.	Karbendioksida (CO ₂)	Berat Molekul	44,01 g/mol
		Warna	Tidak berwarna
		Bentuk	Gas
		Titik didih	-78,5 °C (menyublim)
		Viskositas uap (194,67 K)	9,749.10-6 Pa.s
		Viskositas uap (1500 K)	5,203.10-5 Pa.s

2.1.2 Sifat Kimia Produk

a. Asam Vinil Formiat

Asam akrilat larut dalam air, alkohol, kloroform, eter dan benzene. Asam akrilat dan esternya sangat mudah terpolimerisasi.

Polimerisasi yang terjadi dapat dipercepat dengan adanya panas, cahaya dan peroksida.

b. Air

Air atau H_2O memiliki ikatan kovalen yang terdiri atas 2 atom hidrogen tiap satu molekulnya. Bersifat netral terhadap kertas lakmus. Tidak dapat terurai menjadi senyawa pembentuknya di bawah kondisi normal.

c. Karbondioksida

Senyawa karbon umumnya menunjukkan 4 reaksi, yaitu:

- 1) reaksi pembakaran,
- 2) reaksi oksidasi,
- 3) reaksi penambahan,
- 4) reaksi substitusi.

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Sifat Fisis Bahan Baku

Table 2. 2 Sifat Fisis Bahan Baku

No.	Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
1.	Vinil Aldehid (C_3H_4O)	Wujud	Gas
		Berat Molekul, Kg/kmol	56
		Titik Didih, °C	52,2
		Densitas	0,8389
		Titik Leleh, °C	-87,2
		Spesifik Gravity, pada 25°C	0,8407
		Kelarutan, g/L pada 25°C	212
		Temperatur Kritis, °C	254

No.	Rumus Molekul	Karakteristik	Keterangan
2.	Oksigen (O ₂)	Tekanan Kritis, atm	50
		Berat Molekul	32 gram/mol
		Titik didih	-183 °C
		Densitas	1,33 kg/m ³
		Bentuk	Gas
		Warna	Tidak berwarna
		Bau	Tidak bau
		Solubilitas	4,889 cm ³ O ₂ /100 cm ³ air
		Temperatur kritis	154,58 K
		Tekanan kritis	50,43 bar

2.2.2 Sifat Kimia Bahan Baku

a. Vinil Aldehid

Akrolein/vinil aldehid merupakan senyawa yang sangat beracun, mudah terbakar, dapat menimbulkan air mata. Pada suhu ruang, akrolein berfase cair dengan volatilitas tinggi dan sifat mudah terbakar mirip dengan aseton, tetapi akrolein sedikit larut dalam air.

b. Oksigen

Tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, tidak dapat dirabakecuali sedang bergerak. Sangat dinamis, mudah bergerak atau mengalir bila terjadi perbedaan tekanan.

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas pada bahan baku bertujuan untuk menilai tingkat keunggulan kualitas bahan baku yang digunakan dalam

produksi asam vinil formiat, sehingga bahan baku dapat memenuhi standar spesifikasi sebelum masuk ke dalam proses produksi. Pengujian dilakukan pada setiap jenis bahan baku seperti vinil aldehyd dan molibdenum oksida, dengan tujuan agar hasil produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Selain itu, untuk mencapai standar mutu produk yang diinginkan, diperlukan bahan baku berkualitas tinggi dan pengawasan yang ketat terhadap setiap tahap proses produksi melalui sistem pengendalian, sehingga dapat menghasilkan produk akhir dengan kualitas terbaik.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Secara umum, sebuah proses terdiri dari serangkaian peralatan dan bahan baku yang terhubung melalui beberapa tahapan operasi dalam pabrik. Sebagai contoh, dalam proses pengendalian level cairan pada sebuah tangki, pengaruhnya dapat dirasakan dari aliran cairan masuk dan keluar tangki, tinggi tangki, serta inlet dan outlet perpipaan. Elemen-elemen pengendali dalam rangkaian pengendalian ini mencakup perangkat-perangkat yang mempengaruhi setiap tahap proses. Elemen pengendali akhir menerima input dari pengendali lainnya dan mengubahnya menjadi operasi yang disesuaikan dalam proses yang sedang berlangsung. Salah satu contoh umum dari elemen pengendali akhir adalah katup pengendali, yang mengatur aliran fluida dalam proses.

Pada perancangan sistem pengendalian untuk pabrik pembuatan asam vinil formiat, tujuan utamanya adalah untuk mencapai keamanan pabrik yang meliputi beberapa hal sebagai berikut:

- a. Menjaga agar variabel proses seperti tekanan dan suhu tetap dalam kondisi aman dengan biaya yang optimal.
- b. Mengidentifikasi potensi bahaya seperti kebocoran peralatan yang dapat disebabkan oleh zat-zat berbahaya yang digunakan dalam produksi asam vinil formiat. Identifikasi ini biasanya dilakukan dengan pemasangan alarm di titik-titik yang strategis, yang dapat menghadirkan risiko bagi operator dan lingkungan. Sistem ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk menghentikan operasi alat secara otomatis (*automatic shutdown systems*).
- c. Mengontrol setiap titik operasi untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja atau kerusakan pada peralatan, baik yang berasal dari bahan peralatan, proses produksi, maupun layout pabrik.

Dalam proses kimia reaksi oksidasi vinil aldehid menjadi asam vinil formiat pada pabrik ini, dengan suhu operasi sekitar 280°C dan tekanan 6 atm, diperlukan sistem pendingin untuk menjaga suhu agar tetap stabil dan untuk memastikan konversi reaksi berjalan optimal. Beberapa alat yang penting dalam reaktor termasuk:

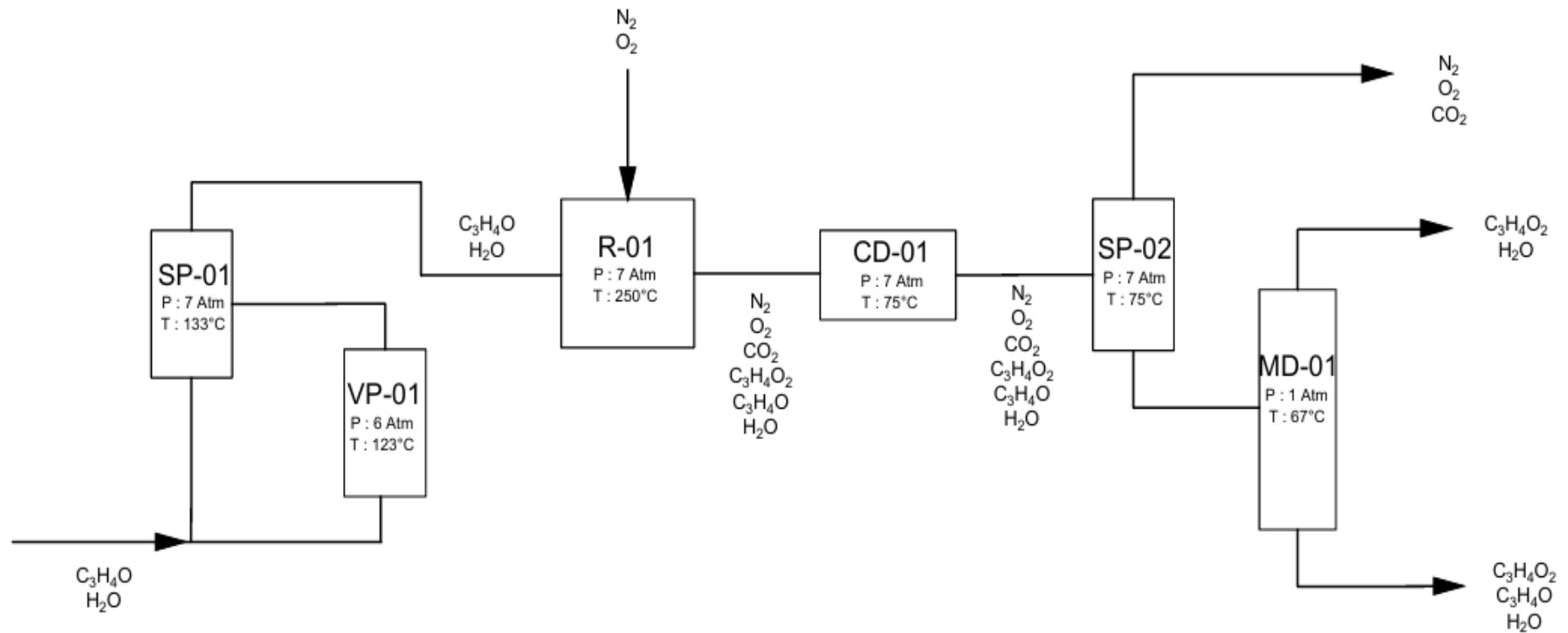
- **Temperature controller:** sistem otomatis yang menggunakan berbagai sensor sebagai input untuk mengatur suhu. Ini penting untuk menghitung jumlah pendingin yang dibutuhkan agar suhu tetap sesuai dengan yang diinginkan.
- **Pressure controller:** digunakan untuk mengatur tekanan di dalam reaktor.
- **Isolator:** diperlukan untuk melindungi operator dan menjaga suhu reaktor, terutama karena proses berlangsung pada suhu tinggi.

Penggunaan alat-alat ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasi pabrik, tetapi juga mendukung keamanan kerja dan keandalan proses produksi secara keseluruhan.

BAB III

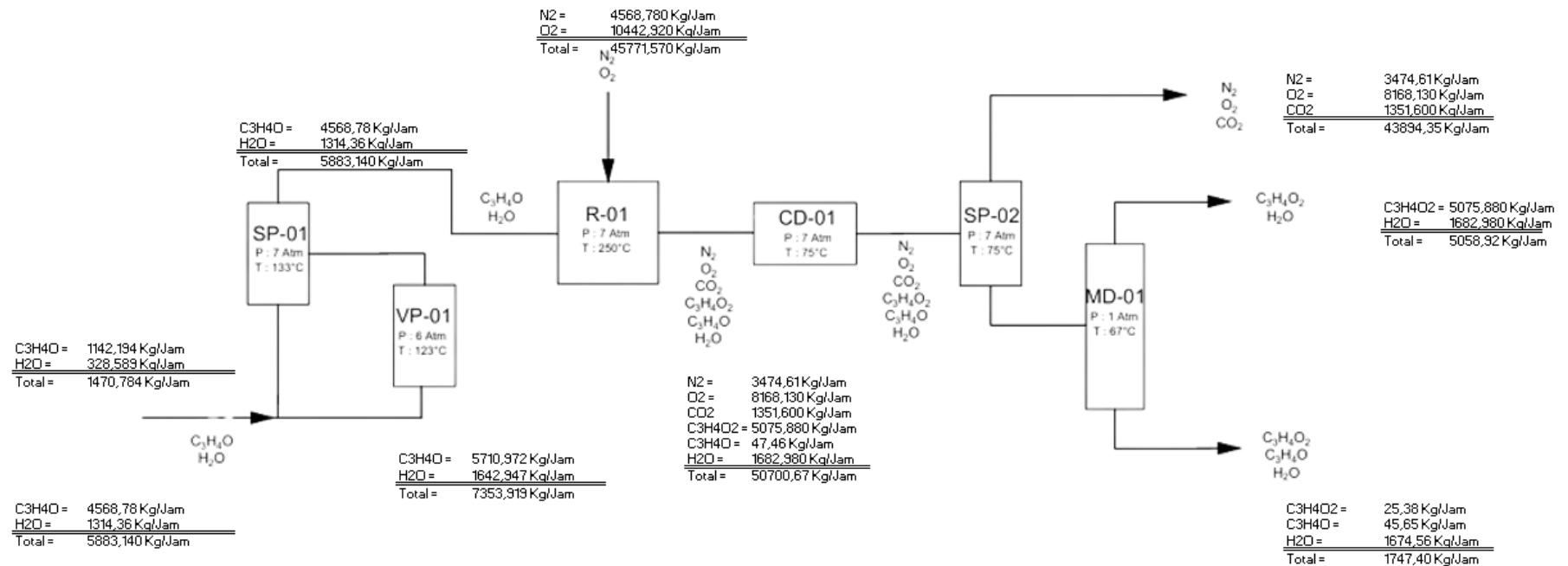
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Kuanlitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Diagram alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.3 Uraian Proses

Pembuatan Asam Vinil Formiat menggunakan bahan baku Vinil Aldehid serta katalis sebagai pendukung berupa *Molybdenum Oxide*. Berikut ini merupakan uraian proses dari pembuatan Asam Benzoat yang terdiri dari 3 tahap, yaitu :

3.3.1 Proses persiapan bahan baku

Vinil aldehid sebagai bahan baku disimpan pada tangka (T-01). Vinil aldehid dialirkan dari tangki (T-01) menuju vaporizer (VP-01) menggunakan *setrifugal pump* yang dicampur terlebih dahulu dengan recycle vinil aldehid dari separator (SP-01). Hasil vaporizer (VP-01) memiliki 2 fase yang akan dipisah oleh separator (SP-01). Fase gas akan dialirkan menuju heater untuk dipanaskan hingga mencapai 250°C. Blower (B-01) mengalirkan udara ke *heater* yang akan dipanaskan hingga mencapai 250°C dan menaikkan tekanannya menjadi 7 atm.

3.3.2 Proses Oksidasi Produk

Umpan yang memasuki reactor (R-01) yang terdiri dari vinil aldehid dan udara akan mengalami proses oksidasi yang dibantu oleh katalis *molybdenum Oxide*. Proses oksidasi berlangsung kurang dari 1 detik dengan suhu reaksi 250°C dan tekanan 7 atm. Produk berupa asam vinil formiat dengan fase gas, kemudian akan memasuki kondensor parsial (CDP-01).

3.3.3 Proses Pemurnian Produk

Kondensor parsial (CDP-01) akan melakukan pengembunan untuk mengubah fase campuran menjadi gas dan cair. Hasil kondensor parsial (CDP-01) akan dialirkan menuju separator (SP-02) yang akan memisahkan campuran fase gas dan fase cair. Komponen yang berada pada fase gas akan dilepaskan ke lingkungan, sedangkan produk asam vinil formiat yang berfase cair dan masih mengandung campuran air dialirkan ke menara distilasi (MD-01) untuk proses pemisahan lebih lanjut. Hasil distilat berupa produk asam vinil formiat cair dengan kemurnian 99% dan residu berupa campuran asam vinil formiat, vinil aldehid dan air.

3.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Reaktor

Table 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Fungsi	Mereaksikan C_3H_4O dan O_2 secara oksidasi menjadi $C_3H_4O_2$
Jenis	Reaktor Fixed bed Multitube
Kondisi Operasi	P : 7 atm T : 250 °C Suhu pemanas masuk : 250 °C Suhu pemanas keluar : 244 °C

Sifat Katalis	Jenis : Molibdenum Oxide Bentuk : Butiran Diameter : 0,005 Porositas : 60% Rapat massa : 1450 kg/m ³ Faktor pengotoran : 0,529 m ² s K / kj		
Spesifikasi	Nt : 2611 IDs : 4,860162319 m Bs/(B) : 0,972032464 m De : 0,042976272 m As : 4236,595545 Ho : 0,621519662 Hi : 1,451265551 Hio : 1,451265551 Uc : 0,416258247 kj/m ² sK UD : 0,341138347 kj/m ² sK W (berat katalis): 2638,284781 T (Waktu) : 34,30531391 second Ts: 0,017825267 m ODs : 4,895812853 m Th : 0,023701419 m		
	AB:	2,24593116	m
	BC:	4,676	m
	OA:	0,871	m
	B:	000,759	m
	Hr:	19,53	m

	Tinggi ballast 0, 87224395: in3 06350: in Volume head 3, Volume shell 30837,44758: m3 Volume reactor: 30845,19206 m3
Material	Carbon Steel

3.5 Spesifikasi Alat Pemisah

3.5.1 Menara Distilasi (MD-01)

Table 3. 2 Spesifikasi Menara Destilasi

Fungsi	Memisahkan asamvinil formiat,air, dan vinil aldehid
Tipe	Sieve Tower
Material	Carbon Steel
Tekanan	1 atm
Kondisi Operasi	Top : 48,5 °C Feed : 66,8 °C Bottom : 99,21 °C
Spesifikasi	Diameter : 1,5 m Tinggi total : 9,7 m Head tipe : Torispherical head Jumlah plate : 21
Spesifikasi lainnya	Weir : 0,09 m

3.5.2 Separator (SP-01, SP-02)

Table 3. 3 Spesifikasi Separtor

Fungsi	Memisahkan komponen gas dan cairan
Tipe	Vertical Separator
Material	Carbon Steel
Jumlah	2
Kondisi Operasi	(SP-01)

	P : 7 atm T : 133 °C (SP-02) P : 6 atm T : 70 °C
Waktu Tingga	10 menit
Spesifikasi	Diameter : 1 m ² Tinggi : 3 m ²

3.6 Spesifikasi Alat Pendukung

3.6.1 Accumulator (AC-01)

Table 3. 4 Spesifikasi Accumulator

Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari kondensor total
Material	Carbon Steel
Kondisi Operasi	P : 1 atm T : 48 °C
Spesifikasi :	Volume : 1,277 m ³ Diameter : 1 m ² Panjang : 3 m ²

3.6.2 Vaporizer (VP-01)

Table 3. 5 Spesifikasi Vaporizer

Spesifikasi		
Nama Alat	Vaporizer	
Fungsi	Menguapkan vinil aldehid dan air	
Material	Carbon Steel	
Jumlah	1	
Tipe alat	Shell and Tube	
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	30

	Kapasitas (kg/jam)	5883,13
Tube	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	260
	Kapasitas (kg/jam)	72,58
Dimensi dan Material		
Shell	<i>Passes</i>	2
	<i>Baffle Space</i> (m)	0,2032
	ID (in)	8
Tube	BWG	14
	ID (in)	0,58
	OD (in)	0,75
	Susunan	3/ 4 " pada 15/16 Triangular Pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375
	Jumlah, Nt	40

3.6.3 Condensor Partial (CD-01)

Table 3. 6 Spesifikasi Condensor Partial

Fungsi	Mengembunkan $C_3H_4O_2$, C_3H_4O , dan H_2O
Tipe	Shell and tube
Material	Carbon Steel
Kondisi Operasi	P : 7 atm T : 30°C
Spesifikasi	Ids : 0,8128 m Jumlah pipa : 812 L : 7,3152 m Ho : 0,336913565 $\text{kJ} / \text{m}^2 \text{ s K}$

	$H_{io} : 25,36797056 \text{ kJ / m}^2 \text{ s K}$ $U_c : 0,00017168 \text{ kJ / m}^2 \text{ s K}$ $U_d : 0,219605439 \text{ kJ / m}^2 \text{ s K}$ Media Pendingin Jenis : Air Suhu Masuk : 303,15 K Suhu Keluar : 323,15 K Massa yang diperlukan : 134987,4636 kg / jam
--	--

3.6.4 Waste Heat Boiler (WHB – 01)

Table 3.7 Spesifikasi Waste Heat Boiler

Spesifikasi		
Nama Alat	Waste Heat Boiler	
Fungsi	Mendinginkan gas keluar reaktor dengan media pendingin air yang menguap	
Material	Carbon Steel	
Jumlah	1	
Tipe alat	Shell and Tube	
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	120
	Kapasitas (kg/jam)	7858
Tube	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	245
	Kapasitas (kg/jam)	4634340,034
Dimensi dan Material		
Shell	Passes	4
	Baffle Space (m)	0,5080
	ID (in)	20
Tube	BWG	14

	ID (in)	0,58
	OD (in)	0,75
	Susunan	3/ 4 " pada 15/16 Triangular Pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375
	Jumlah, Nt	282

3.6.5 Reboiler (RB – 01)

Table 3.8 Spesifikasi Reboiler

Spesifikasi		
Nama Alat	Reboiler	
Fungsi	Memberikan panas pada hasil distilat sehingga sebagian cairan tersebut menguap dan menghasilkan vapor naik ke kolom distilasi.	
Material	Carbon Steel	
Jumlah	1	
Tipe alat	Shell and Tube	
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	97
	Kapasitas (kg/jam)	27514,36
Tube	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	150
	Kapasitas (kg/jam)	1706,41
Dimensi dan Material		

<i>Shell</i>	<i>Passes</i>	2
	<i>Baffle Space</i> (m)	0,3556
	ID (in)	14
<i>Tube</i>	BWG	14
	ID (in)	0,58
	OD (in)	0,75
	Susunan	3/ 4 " pada 15/16 Triangular Pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375
	Jumlah, Nt	124

3.7 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Table 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Tangki	T-01	T-02
Fungsi	Sebagai tempat penyimpanan bahan baku (C_3H_4O)	Sebagai tempat penyimpanan produk ($C_3H_4O_2$)
Jenis	Tangki Vertikal	Tangki Vertikal
Lama penyimpanan	30 hari	30 hari
Fase	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 1 Atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 Atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : <i>Carbon Stell SA</i> <i>283 erade C</i> Volume Tangki : 5100,93 m ³ Diameter ; 30,48 Tinggi : 7,31 m ²	Bahan Konstruksi : <i>Carbon Stell SA</i> <i>283 Grade C</i> Volume Tangki : 4099,88 m ³ Diameter ; 15,24 Tinggi : 3,65 m ²

Tangki	T-01	T-02
	Jumlah <i>Course</i> : 3 Tebal <i>Shell</i> : 0,34 in	Jumlah <i>Course</i> : 2 Tebal <i>Shell</i> : 0,25 in
Head & Bottom	Jenis Head : <i>Conical roof</i> Tebal Head : 0,34 in Jenis Bottom : <i>Flat bottom</i> Tebal Bottom : 0,34 in	Jenis Head : <i>Conical roof</i> Tebal Head : 0,25 in Jenis Bottom : <i>Flat bottom</i> Tebal Bottom : 0,25 in

3.8 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

3.8.1 Cair

Table 3. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Cair

Tangki	P-01		P-02		P-03		P-04	
Fungsi	Mempompa bahan baku C_3H_4O dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan T-01		Memompa bahan baku C_3H_4O dari tangki penyimpanan ke Vaporizer		Memompa hasil distilat Menara Distilasi ke CL-01		Memompa hasil residu Menara Distilasi ke CL-02	
Jenis	Sentrifugal		Sentrifugal		Sentrifugal		Sentrifugal	
Bahan yang di pompa	C_3H_4O H_2O		C_3H_4O H_2O		$C_3H_4O_2$ H_2O		C_3H_4O $C_3H_4O_2$ H_2O	
Viskositas (cP)	C_3H_4O H_2O	0,329 0,815	C_3H_4O H_2O	0,329 0,815	$C_3H_4O_2$ H_2O	0,339 0,815	C_3H_4O $C_3H_4O_2$	0,329 0,339

							H ₂ O	0,815
Densitas (Kg/m ³)	C ₃ H ₄ O H ₂ O	829,00 1022,87	C ₃ H ₄ O H ₂ O	829,00 1022,87	C ₃ H ₄ O ₂ H ₂ O	1065,61 1022,87	C ₃ H ₄ O C ₃ H ₄ O ₂ H ₂ O	829,00 1065,61 1022,87
Tekanan (atm)	1		1		1		1	
Kapasitas (m ³ /jam)	48		5,668		6,183		1,717	
<i>Pump Head</i> (m)	11,6877		137,6815794		75,08588478		9,178656637	
Suhu Fluida (°C)	30		30		47		99	
Jenis Aliran	Turbulen		Turbulen		Turbulen		Turbulen	
Daya Motor (Hp)	5		5		5		5	
Jumlah	1		1		1		1	
Bahan Konstruksi	Baja Karbon – 283, Grade C		Baja Karbon – 283, Grade C		Baja Karbon – 283, Grade C		Baja Karbon – 283, Grade C	
Harga	Rp152.768.367		Rp65.181.170		Rp65.181.170		Rp65.181.170	

3.8.2 Gas

Table 3. 8 Spesifikasi Transportasi Gas Alat

Spesifikasi	Kompresor
Kode Alat	K-01
Fungsi	Menekan dan mengalirkan udara menuju Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Multistage</i>
Bahan yang dikompresi	Udara
Temperature (°C)	30
Kapasitas (Nm ³ /jam)	1553,18
Daya Motor (hp)	2500
Jumlah	1
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Harga	Rp13.215.482.174

3.9 Spesifikasi Alat Transfer Panas

Table 3. 9 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Spesifikasi	<i>Heater</i>		<i>Cooler</i>
Kode Alat	HE-01	HE-02	CL-02

Fungsi		Memaskan udara dari suhu 126°C sampai 250°C.	Memaskan Vinil Aldehid dari suhu 130°C sampai 250°C.	Mendinginkan hasil residu Menara Distilasi
Jenis		<i>Shell and Tube</i>		
Luas Transfer Panas (m²)		112,5133823	66,76377745	11,92992089
Kondisi Operasi				
Shell	Fluida	Dingin	Dingin	Panas
	Suhu (°C)	126°C	130°C	100°C
	Kapasitas (Kg/Jam)	44793,7925	15003,74603	1746,48
	<i>Pressure Drop</i> (Pa)	319,2898118	97,88737432	346,680026
Tube	Fluida	Panas	Panas	Dingin
	Suhu (°C)	260°C	260°C	10°C
	Kapasitas (Kg/Jam)	3394,168964	1998,842836	23698,11773
	<i>Pressure Drop</i> (Pa)	116870,8136	14540,96301	1,006961774
Konstruksi dan Material				
Shell	<i>Passes</i>	8	4	1
	<i>Baffle Space</i> (m)	0,9144	0,7112	0,3048
	ID (in)	36	28	12
Tube	BWG	14	14	14
	ID (in)	0,58	0,58	0,58
	OD (in)	0,75	0,75	0,75
	Susunan	3/4" pada 15/16" Triangular pitch	3/4" pada 15/16" Triangular pitch	3/4" pada 15/16" Triangular pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375	0,9375	0,9375
	Jumlah, Nt	1028	610	109
Material		Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel
UD, Kj/m²s K		0,294202274	0,294535809	0,277064958
UC, Kj/m²s K		8,227316343	8,234635454	6,457490679
Rd required, Kj/m²s K		0,52900723	0,52900723	0,52900723
Rd, kj/m²s K		3,277475679	3,273734632	3,454402997
Harga		Rp97.771.755	Rp48.885.877	Rp22.406.027

Table 3. 10 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Spesifikasi		Cooler
Kode Alat		CL-01
Fungsi		Mendinginkan hasil distilat Menara Distilasi
Jenis		Double Pipe
Luas Transfer Panas (m ²)		5,200073594
Kondisi Operasi		
Annulus	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	47,5
	Kapasitas (Kg/Jam)	6588,60
	Pressure Drop (Pa)	64,32612248
Tube	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	30
	Kapasitas (Kg/Jam)	10952,36995
	Pressure Drop (Pa)	378,9437867
Konstruksi dan Material		
Annulus	Hairpin (in)	0
	Panjang (m)	3,6576
	ID (in)	4,026
Tube	Panjang (m)	3,6576
	NPS (in)	3
	ID (in)	3,068
	OD (in)	3,5
Material		Carbon Steel
UD, Kj/m ² s K		0,50000
UC, Kj/m ² s K		0,02896455
Rd required, Kj/m ² s K		0,52900723
Rd, Kj/m ² s K		3,249816425
Harga		Rp12.221.469

3.10 Neraca Massa

3.10.1 Neraca Massa Alat

a. Neraca Massa Reacktor

Table 3. 11 Neraca Massa Reaktor

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam

Nitrogen	1227,66	34374,61	1227,66	34374,61
Oksigen	326,34	10442,92	255,25	8168,13
Karbondioksida	0,00	0,00	30,72	1351,60
Asam Vinil Vormiat	0,00	0,00	70,50	5075,88
Vinil Aldehid	81,59	4568,78	0,85	47,46
Air	73,02	1314,36	93,50	1682,98
Total	1708,61	50700,67	1678,48	50700,67

b. Neraca Massa Vaporizer

Table 3. 12 Neraca Massa Vaporizer

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
Vinil Aldehid	101,982	5710,972	101,982	5710,972
Air	91,275	1642,947	91,275	1642,947
Total	193,256	7353,919	193,256	7353,919

c. Neraca Massa Separator 1

Table 3. 13 Neraca Massa Separator

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	Atas (kg/jam)	Bawah (kg/jam)
Vinil Aldehid	101,982	5710,972	1142,194	4568,778
Air	91,275	1642,947	328,589	1314,358
Total	193,256	7353,919	1470,784	5883,135
	4929,113		4929,113	

d. Neraca Massa Condensor Partial

Table 3. 14 Neraca Massa Condensor Partial

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
Nitrogen	1227,66	34374,61	1227,66	34374,61
Oksigen	255,25	8168,13	255,25	8168,13
Karbondioksida	30,72	1351,60	30,72	1351,60
Asam Vinil Vormiat	70,50	5075,88	70,50	5075,88
Vinil Aldehid	0,85	47,46	0,85	47,46
Air	93,50	1682,98	93,50	1682,98
Total	1678	50700,67	1678	50700,67

e. Neraca Massa Separator 2

Table 3. 15 Neraca Massa Separator 2

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	Atas (kg/jam)	Bawah (kg/jam)
Nitrogen	1227,66	34374,61	34374,61	0,00
Oksigen	255,25	8168,13	8168,13	0,00
Karbondioksida	30,72	1351,60	1351,60	0,00
Asam Vinil Vormiat	70,50	5075,88	0,00	5075,88
Vinil Aldehid	0,85	47,46	0,00	47,46
Air	93,50	1682,98	0,00	1682,98
Total	1678	50700,67	43894,35	6806,32
	50700,67		50700,67	

f. Neraca Massa Menara Distilasi 1

Table 3. 16 Neraca Massa Menara Destilasi

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	kmol/jam	kg/jam	Atas (kg/jam)	Bawah (kg/jam)
Asam Vinil Vormiat	70,50	5075,88	5050,51	25,38
Vinil Aldehid	0,85	47,46	0,00	47,46
Air	93,50	1682,98	8,41	1674,56
Total	165	6806,32	5058,92	1747,40
	6806,32		6806,32	

3.10.3 Neraca Massa Total

Table 3. 17 Neraca Massa Total

Komponen	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)		
	Arus 1	Arus 2	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Nitrogen	34374,61		34374,61		
Oksigen	10442,92		8168,13		
Karbondioksida		-	1351,60		
Asam Vinil Vormiat	-	-		5050,51	25,38
Vinil Aldehid	-	4568,78		0,00	47,46

Air	-	1314,36		8,41	1674,56
Total	44816,93	5883,14	43894,35	5058,92	1747,40
	50700,67		50700,67		

3.11 Neraca Panas

1) Vaporizer (V-01)

Table 3. 18 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Input ΔH_{in} (kj/jam)	Output ΔH_{in} (kj/jam)
Q _{in}	2526933,78	
Q _{out}		2673410,34
Q _{steam_{in}}	190284,66	
Q _{steam_{out}}		43808,09534
Total	2717218,43	2717218,43

2) Heater (HE-01)

Table 3. 19 Neraca Panas HE-01

Komponen	Input ΔH_{in} (kj/jam)	Output ΔH_{in} (kj/jam)
Q _{in}	5639886,918	
Q _{out}		11279773,84
Q _{steam_{in}}	9492132,926	
Q _{steam_{out}}		3852246,008
Total	15132019,84	15132019,84

3) Heater (HE-02)

Table 3. 20 Neraca Panas HE-02

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	3321357,211	
Q _{out}		6642714,422
Q _{steam in}	5589963,876	
Q _{steam out}		2268606,666
Total	8911321,087	8911321,087

4) Reaktor (R-01)

Table 3. 21 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	945273,05	
Q _{out}		11807446,06
Q _{steam in}	10956924,20	
Q _{steam out}		94751,18529
Total	11902197,25	11902197,25

5) Waste Heat Reboiler (WHB-01)

Table 3. 22 Neraca Panas Waste Heat Boiler

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	13421980,60	
Q _{out}		8790095,37
Q _{steam in}	5559653,33	
Q _{steam out}		10191538,55
Total	18981633,92	18981633,92

6) Kondensor Parsial (CD-01)

Table 3. 23 Neraca Panas Condensor Partial

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	42758004,99	
Q _{out}		31468610,84
Q _{steam in}	16934091,21	
Q _{steam out}		28223485,35
Total	59692096,20	59692096,20

7) Kondensor Total (CD-02)

Table 3. 24 Neraca Panas Condensor Total

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	652805,12	
Q _{out}		638060,45
Q _{steam in}	44234,01	
Q _{steam out}		58978,67881
Total	697039,1309	697039,1309

8) Menara Distilasi (MD-01)

Table 3. 25 Neraca Panas Menara Destilasi

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	1179078,04	
Q _{out}		496267,53
Q _{steam in}	3605015,59	
Q _{steam out}		353083,3965
Total	4784093,63	849350,9271

*Terdapat selisih sebesar 3934742,70 karena constant molal overflow pada perhitungan Menara Distilasi.

9) Reboiler (RB-01)

Table 3. 26 Neraca Panas Reboiler

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	1408337,16	
Q _{out}		5013338,27
Q _{steam in}	4683200,83	
Q _{steam out}		1078199,721
Total	6091537,99	6091537,99

10) Cooler (CL-01)

Table 3. 27 Neraca Panas Cooler

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	627365,8402	
Q _{out}		228904,5319
Q _{pendingin}		398461,3083
Total	627365,8402	627365,8402

11) Cooler (CL-02)

Table 3. 28 Neraca Panas Cooler -02

Komponen	Input ΔH_{in} (kJ/jam)	Output
----------	------------------------------------	--------

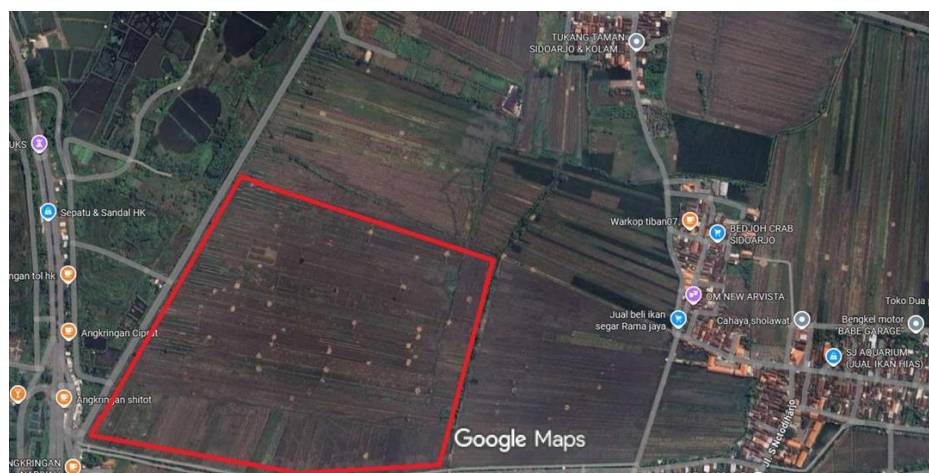
		ΔH_{in} (kJ/jam)
Q _{in}	711335,6344	
Q _{out}		495290,6606
Q _{pendingin}		216044,9738
Total	711335,6344	711335,6344

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi suatu pabrik tidak hanya memperhatikan ketersediaan lahan, tetapi juga berkaitan dengan kemampuan lokasi tersebut dalam mendukung efisiensi proses produksi dan distribusi dari pabrik Asam Venil Formiat. Lokasi yang sesuai akan meminimalkan biaya oprasional, mempercepat proses pengadaan bahan baku, serta mempermudah akses ke konsumen. Oleh karena itu, dalam menentukan lokasi pabrik, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor yang berkaitan langsung dengan kegiatan industry, baik dari aspek teknis, ekonomi, maupun lingkungan. Faktor-faktor tersebut dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu faktor primer dan faktor sekunder, yang masing-masing memiliki peran penting dalam mendukung keberlangsungan oprasional. Berlandaskan pada pertimbangan faktor- faktor tersebut, pabrik Asam Vinil Formiat direncanakan akan dibangun di Jabon, Sidoarjo Jawa Timur.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer mencakup hal-hal yang memiliki keterkaitan langsung dengan kegiatan produksi di pabrik :

a. Bahan Baku

Pabrik asam vinil formiat direncanakan dibangun di area yang dekat dengan sumber pemasok bahan baku agar proses pengadaan lebih mudah dan biaya angkut dapat ditekan. Bahan utama akrolein akan dikirim dari Perusahaan Union Carbide di Amerika, sedangkan katalis akan dikirim dari Perusahaan Gihi Chemicals CO., Limited di China, kedua bahan tersebut diimpor dan masuk melalui Pelabuhan Tanjung Perak.

b. Transportasi

Kemudahan transportasi menjadi faktor penting dalam operasional pabrik. Daerah Besuki di kecamatan Jabon memiliki akses ke jalan Porong-Sedati, yang menghubungkan Kawasan industri dengan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, serta bandara Internasional Juanda. Kondisi ini memberikan keuntungan besar dalam proses pengiriman bahan baku dan distribusi produk akhir. Pengiriman melalui jalur darat dilakukan dengan efisien, sementara keberadaan Pelabuhan memungkinkan impor bahan baku dari luar negeri.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder berkaitan dengan hal-hal pendukung di luar proses produksi utama, namun tetap berpengaruh terhadap keberlangsungan operasional pabrik :

a. Keterjangkauan Energi dan Sumber Daya

Ketersediaan utilitas seperti Listrik, air, dan bahan bakar merupakan syarat utama dalam pendirian pabrik kimi. Proses pembuatan asam vinil formiat membutuhkan energi dalam jumlah besar untuk reaksi oksidasi, pendinginan, serta pemurnian produk. Wilayah Jabon sudah dilengkapi jaringan Listrik dari PLN GI SIDOARJO, sehingga kebutuhan daya dapat terpenuhi dengan baik. Pasokan air proses diperoleh dari sungai Porong yang berdekatan dengan lokasi rencana Pembangunan pabrik asam vinil formiat.

b. Perizinan Pendirian Pabrik

Wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur termasuk dalam zona pengembangan industri. Hal ini menjadi keuntungan karena proses izin pendirian dapat dilakukan secara terpadu, dengan system perizinan yang terintegrasi dan koordinasi antar instansi yang baik, proses legalitas pendirian pabrik diberikan dapat berjalan dengan lancar.

c. Ketersediaan Kerja dan Tenaga Ahli

Keberadaan tenaga kerja yang memadai menjadi salah satu pertimbangan utama dalam pendirian pabrik. Wilayah Sidoarjo memiliki jumlah tenaga kerja yang cukup besar, baik lulusan sekolah kejuruan maupun perguruan tinggi yang berpengalaman di bidang industri kimia. Letaknya yang dekat dengan Kawasan industri lain memudahkan proses rekrutmen tenaga kerja terampil. Pendirian pabrik diharapkan mampu menyerap tenaga kerja lokal dan membantu meningkatkan kesejahteraan bagi Masyarakat sekitar.

d. Kondisi Geografis dan Iklim

Secara geografis, kecamatan Jabon memiliki kondisi tanah yang relative datar dengan daya dukung cukup baik untuk mendirikan bangunan industri. Struktur tanah yang stabil memudahkan Pembangunan pondasi peralatan berat tanpa resiko penurunan tanah yang signifikan. Dari sisi iklim, daerah Jabon beriklim tropis dengan suhu rata-rata 26-30C dan kelembapan udara yang cukup stabil. Kondisi tersebut ideal bagi kegiatan industri karena tidak membutuhkan system pengendalian suhu lingkungan yang rumit.

4.2 Tata Letak (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah rancangan penempatan setiap unit bangunan dan fasilitas di dalam area produksi untuk memastikan kelancaran proses, efisiensi ruang, serta keselamatan kerja. Penataan dilakukan secara terencana agar hubungan

antara area proses utama, fasilitas utilitas, dan unit pendukung lainnya dapat terkoordinasi dengan baik. Dengan pengaturan yang tepat, kegiatan operasional dapat berlangsung efisien dan resiko gangguan produksi dapat diminimalkan. Beberapa pertimbangan utama dalam penataan area pabrik asam vinil formiat Adalah sebagai berikut :

a. Kemungkinan Pengembangan di Massa Mendatang

Penataan bangunan dilakukan dengan menyisakan ruang terbuka yang dapat digunakan untuk ekspansi fasilitas produksi di masa depan. Hal ini penting agar Ketika kapasitas produksi meningkat, Pembangunan tambahan dapat dilakukan tanpa mengganggu aktivitas utama pabrik.

b. Keteraturan dan Kelencaraan Aliran Proses

Seluruh unit proses disusun sesuai urutan tahap reaksi, mulai dari pengolahan bahan baku, reaksi oksidasi acrolein, hingga pemisahan dan penyimpanan produk. Dengan penataan yang teratur, jarak perpindahan bahan antar-unit menjadi lebih pendek, sehingga efisiensi energi dan waktu dapat tercapai.

c. Pemisahan Fasilitas Berdasarkan Fungsi

Untuk menjaga keamanan dan mencegah gangguan operasional, unit proses utama dipisahkan dari area utilitas dan kantor administrasi. Pemisahan ini juga memudahkan pemeliharaan peralatan karena setiap zona memiliki fungsi yang spesifik.

d. Keamanan dan Kenyamanan Lingkungan Kerja

Gedung administrasi, laboratorium, dan ruang control ditempatkan di area yang relative jauh dari proses reaksi utama agar pekerja dan staf terhindar dari potensi paparan panas, kebisingan, maupun bahan kimia berbahaya.

e. Efisiensi Ruang dan Sirkulasi Internal

Akses antar area dirancang agar pergerakan kendaraan pengangkut bahan baku maupun produk tidak menghambat kegiatan di dalam pabrik. Jalur transportasi dibuat menyatu dengan arah aliran bahan agar mobilisasi berjalan teratur dan efisien.

f. System pengolahan limbah dan pengamanan lingkungan

Unit pengolahan limbah cair dan padat ditempatkan di area paling belakang pabrik yang memiliki kontur tanah lebih rendah dari area proses utama. Penempatan ini memanfaatkan aliran gravitasi agar pembuangan limbah lebih mudah dan tidak mencemari lingkungan sekitar.

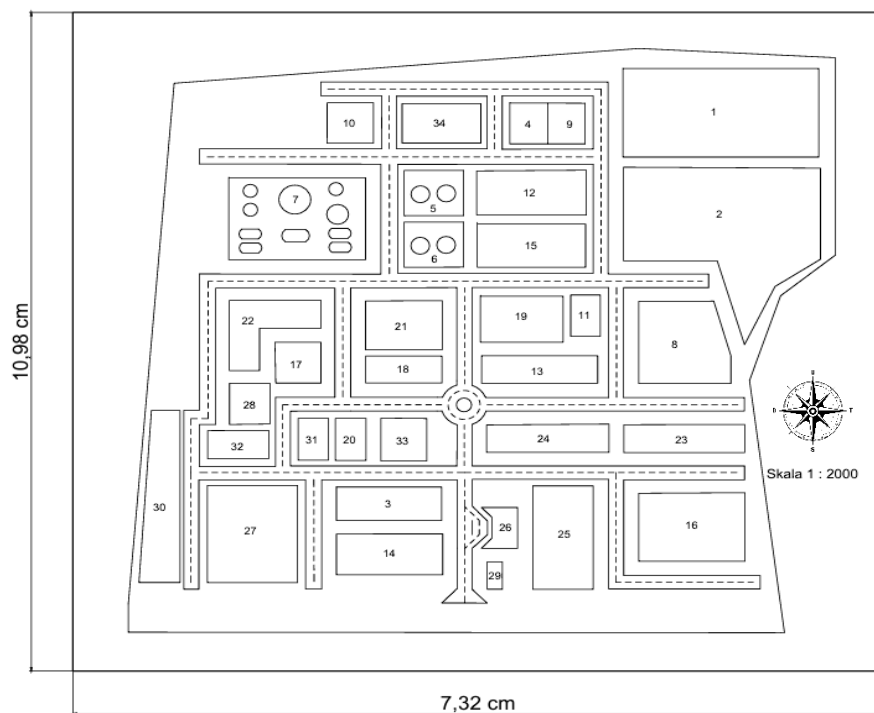
Secara umum, tata letak lokasi pabrik memberikan gambaran posisi maupun bentuk bangunan dari lokasi suatu pabrik, pada pabrik Asam venil farmiat tata letak seperti pada table berikut :

Table 4. 1 Luas Area Layout Pabrik

No.	Nama Bangunan	Luas m ²
1.	Daerah Perluasan 1	4200,67
2.	Daerah Perluasan 2	2080,00
3.	Area Loading	240,00
4.	Area Pembangkit	1664,42

No.	Nama Bangunan	Luas m²
5.	Area Penyimpanan Bahan Baku	6002,52
6.	Area Penyimpanan Produk	814,24
7.	Area Proses	5231,84
8.	Area Utilitas	3122,96
9.	Bangunan Generator	340,98
10.	Bangunan Kontrol Proses	326,04
11.	Bangunan Kontrol Utilitas	249,34
12.	Bengkel Pemeliharaan	61,24
13.	Fitnes Center	160,81
14.	Gudang	80,54
15.	Gudang Serbaguna	350,78
16.	Gedung Olahraga	500,18
17.	Kantin dan Koperasi	260,87
18.	Kantor Administrasi	350,61
19.	Kantor Teknisi	127,35
20.	Kantor K3	90,64
21.	Kantor Pusat	408,94
22.	Laboratorium Pengendalian	648,82
23.	Parkiran GOR	100,22
24.	Parkiran Karyawan	780,15
25.	Parkiran Truk	503,63
26.	Timbangan Truk	253,41
27.	Perumahan	1130,84
28.	Poliklinik	135,22
29.	Pos Keamanan	50,00
30.	Taman	313,25

No.	Nama Bangunan	Luas m ²
31.	Titik Kumpul	900,00
32.	Tempat Ibadah	350,00
33.	Unit Pemadam Kebakaran	175
34.	Mess Karyawan	150,63
Total		32156,14



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Skala **1 : 2000** artinya 1 satuan pada gambar mewakili 2000 satuan pada ukuran sebenarnya. 1 cm pada gambar = 20 meter di dunia nyata.

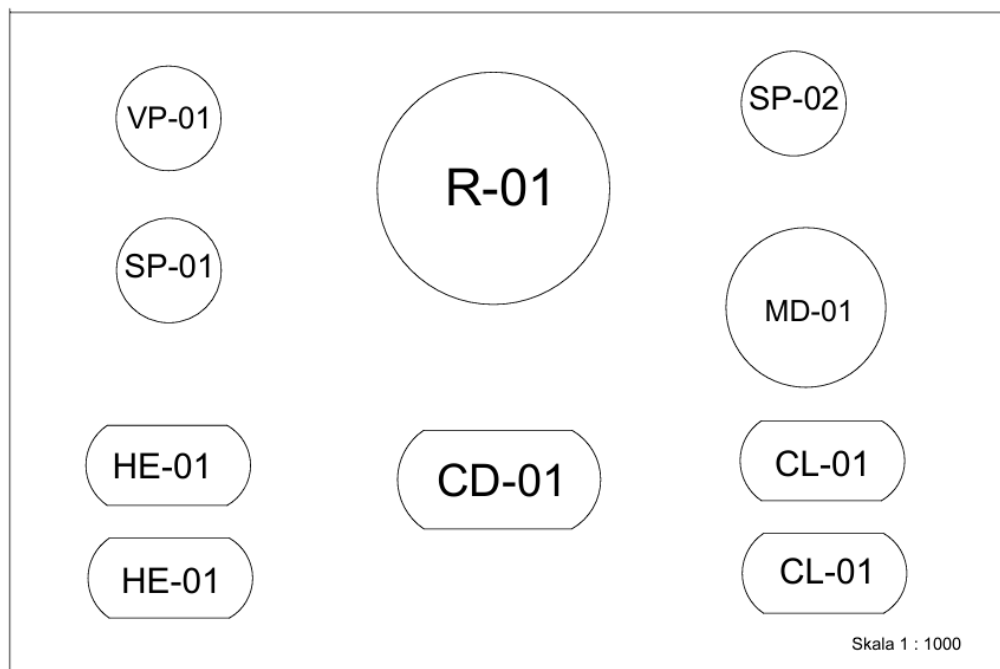
Pabrik Asam Vinil formiat ini akan dididraikan di Sidoarjo, Jawa Timur di atas tanah seluas ±3,3 Ha yang meliputi :

- a. Luas Tanah : 3,3 Ha

- b. Luas Bangunan : 2,6 Ha

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses

Tata letak mesin atau alat proses merupakan perancangan posisi dan penempatan peralatan produksi di dalam area proses agar kegiatan operasional dapat berjalan dengan efisien, aman, serta mudah diawasi. Penataan alat rancang berdasarkan urutan proses reaksi dan tahapan pengolahan, sehingga aliran bahan dari satu unit ke unit berikutnya berlangsung secara lancar tanpa perlu perpindahan yang berlebihan.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan dalam pendirian pabrik Asam Vinil Formiat Adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan badan hukum yang didirikan oleh berdua atau lebih berdasarkan perjanjian untuk melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang terbagi dalam saham. Setiap pemegang saham memiliki tanggung jawab terbatas sesuai dengan jumlah saham yang dimilikinya. Dengan system ini, kegiatan usaha dapat berjalan dengan perlindungan hukum yang jelas, dan risiko yang dihadapi masing-masing pemilik modal menjadi terukur.

Pemilihan bentuk PT untuk pabrik Asam Vinil Formiat didasarkan pada beberapa pertimbangan penting, antara lain sebagai berikut:

- a. PT memiliki legalitas resmi yang diakui negara, sehingga kegiatan operasional terlindungi secara hukum dan dapat memenuhi seluruh peraturan industri kimia.
- b. Struktur PT memungkinkan pembagian tugas yang jelas antara pemegang saham, direksi, dan staf pelaksana sehingga system pengawasan dan koordinasi lebih efektif.
- c. PT dapat menghimpun dana melalui penanaman saham, menjadikannya ideal bagi industri kimia yang membutuhkan investasi besar.
- d. Status hukum PT meningkatkan kepercayaan pihak eksternal seperti Lembaga keuangan, pemerintah, dan mitra bisnis dalam kerja sama maupun pendanaan

- e. PT memiliki sistem kepemilikan saham yang menjamin kelangsungan Perusahaan meskipun terjadi pergantian manajemen atau pemegang saham.

Dengan pertimbangan tersebut, bentuk Perseroan Terbatas dinilai paling sesuai untuk pabrik Asam Vinil Formiat karena mampu mendukung kegiatan industri secara profesional, berkelanjutan, dan legal dibawah perlindungan hukum yang jelas.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan susunan yang mengatur pembagian tanggung jawa, wewenang, serta hubungan kerja di dalam Perusahaan. Melalui struktur organisasi yang jelas, setiap individu mengetahui posisi, tugas, serta batas tanggung jawabnya, sehingga tidak terjadi tumpang tindih dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dalam operasional pabrik Asam Vinil Formiat, digunakan bentuk organisasi *system line and staff*. System ini menempatkan hubungan komando secara vertical dari pemimpin tertinggi hingga pelaksana, serta konsultasi bagi manajemen, dengan system ini, kegiatan teknis di lapangan dapat berjalan seiring dengan pengawasan administrative di Tingkat manajerial.

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

RUPS merupakan badan tertinggi dalam struktur Perusahaan yang berwenang menetapkan arah kebijakan dan keputusan perusahaan yang

berwenang menetapkan arah kebijakan dan Keputusan yang berwenang menetapkan arah kebijakan dan Keputusan strategi perusahaan. RUPS beranggotakan para pemegang saham yang memiliki kepemilikan modal dan tanggung jawab hukum terhadap perusahaan. RUPS berfungsi sebagai Lembaga pengambilan Keputusan utama dalam menentukan arah pengelolaan Perusahaan, termasuk penetapan anggaran, kebijakan produksi, serta pengangkatan dan pemberhentian direksi atau dewan komisaris. Para pemegang saham memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Menetapkan arah kebijakan dan tujuan Perusahaan
- Menyetujui laporan tahunan dan rencana kerja jangka Panjang
- Menunjukan serta memberhentikan anggota Direksi dan Dewan Komisaris
- Menentukan kebijakan pembagian dividen dan permodalan
- Mengambil Keputusan terhadap perubahan anggaran dasr dan investasi besar perusahaan

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris berfungsi sebagai pengawasan jalannya Perusahaan agar seluruh kegiatan sesuai dengan perinsip tata Kelola yang baik (*good corporate governance*). Komisaris juga berperan sebagai pemberi nasihat dan pengendalian kebijakan Direksi. Dewan Komisaris memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengawasi pelaksanaan kebijakan dan kinerja perusahaan secara keseluruhan
- Menilai dan mengevaluasi laporan keuangan serta kinerja manajemen.
- Memberikan masukan strategi kepada direksi terkait perencanaan dan pengembangan usaha.
- Mengadakan rapat evaluasi secara berkala dengan Direksi.
- Menyetujui kebijakan strategis dan Keputusan penting yang diambil oleh direksi.

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam Perusahaan yang bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan operasional dan administratif pabrik. Direktur Utama menjadi penghubung langsung antara Dewan Komisaris dan seluruh direktorat di bawahnya. Direktur Utama memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Menyusun dan mengesahkan rencana kerja tahunan serta kebijakan operasional Perusahaan
- Mengatur koordinasi antara direktorat agar kegiatan berjalan efisien dan selaras
- Mengawasi pelaksanaan proyek, kegiatan produksi, serta pencapaian target Perusahaan.

- Mengambil Keputusan strategi yang berkaitan dengan investasi, pengembangan, dan kerja sama bisnis.
- Mewakili Perusahaan dalam hubungan eksternal seperti urusan hukum, pemerintahan, dan kemitraan industri.

4. Direktur Teknik dan Produksi

Direktorat ini memegang tanggung jawab penuh terhadap kelancaran proses produksi, pengoperasian peralatan, serta kegiatan teknis yang mendukung keberhasilan pabrik. Bagian ini berperan penting dalam menjaga kualitas produk dan efisiensi proses. Direktur Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk agar sesuai dengan standar yang diterapkan
- Mengawasi penggunaan bahan baku, utilitas, dan energi untuk menjaga efisiensi operasional.
- Melaksanakan perawatan rutin dan perbaikan fasilitas agar pabrik siap beroperasi setiap waktu
- Mengembangkan teknologi proses serta melakukan penelitian peningkatan efisiensi dan keamanan
- Mengawasi pelaksanaan keselamatan kerja di area produksi

5. Direktur Umum dan Keuangan

Direktorat ini bertanggung jawab terhadap pengolahan keuangan, administrasi, serta sumber daya manusia. Selain itu, direktorat ini juga

mendukung kegiatan produksi dari sisi manajerial dan memastikan seluruh kegiatan administrasi berjalan tertib.

- Mengelola anggaran, keuangan, dan administrasi Perusahaan
- Menyusun laporan keuangan dan memastikan ketepatan penggunaan dana operasional
- Mengatur perekrutan, pelatihan, serta pengembangan sumber daya manusia
- Menjaga penerapan system keselamatan kerja dan pengelolaan limbah sesuai ketentuan lingkungan
- Mengatur komunikasi Perusahaan dengan Masyarakat dan instansi pemerintah.

6. Manager atau Kepala Bagian

Manager berperan sebagai penggerak utama yang memastikan seluruh kegiatan operasional berjalan sesuai dengan kebijakan dan tujuan Perusahaan. Seorang manager bertanggung jawab untuk memastikan seluruh aktivitas di setiap divisi berjalan selaras dengan kebijakan dan tujuan yang telah ditetapkan oleh Direktur. Jabatan ini berfungsi sebagai penghubung antara pihak manajemen puncak dan para kepala divisi di lapangan. Sebagai pemimpin Tingkat menengah manager memiliki tanggung jawab dalam perencanaan, pengawasan, dan evaluasi terhadap pelaksanaan kegiatan operasional.

a. Manager Proses dan Utilitas

Manager Proses dan utilitas bertanggung jawab atas kelancaran proses produksi dan pengoprasian unit pendukung seperti air, uap, dan Listrik. Selain itu, bertugas mengawasi efisiensi proses, menjaga kestabilan operasi, serta memastikan sistem utilitas bekerja sesuai standar keselamatan. Manager Proses dan utilitas bertugas mengambil Keputusan teknis di lapangan dan mengoordinasikan tim operator agar produksi berjalan lancar dan efisien.

b. Manager Pemeliharaan, Instrumentasi, dan Listrik

Bertugas memastikan eluruh mesin, alat ukur, dan sistem Listrik berfungsi dengan baik. Manager Pemeliharaan, Instrumentasi, dan Listrik mengatur jadwal perawatan, perbaikan, serta kalibrasi alat agar tidak mengganggu proses produksi. Berwenang menentukan prioritas pekerjaan teknis, memberikan arahan kepada teknisi, dan memastikan semua kegiatan dilakukan dengan aman dan tertib.

c. Manager Penelitian dan Pengembangan

Berperan dalam meningkatkan mutu produk dan efisiensi melalui kegiatan riset. Manager Penelitian dan Pengembangan memimpin laboratorium dalam melakukan uji coba serta pengembangan metode baru yang dapat diterapkan di pabrik. Memiliki wewenang mengarahkan kegiatan penelitian dan mengusulkan hasil riset yang layak diterapkan ke manajemen Perusahaan.

d. Manager Keuangan dan Pemasaran

Bertugas mengelola arus kas Perusahaan dan mengatur strategi penjualan produk. Manager Keuangan dan Pemasaran bertanggung

jawab atas pencatatan keuangan, pengawasan anggaran, serta pengembangan pasar agar target penjualan tercapai. Berwenang menetapkan rencana promosi, menentukan kebijakan harga, dan mengatur penggunaan dana operasional.

e. Manager Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertugas mengatur kegiatan administrasi, kepegawaian, dan pelatihan karyawan. Manager Administrasi dan Sumber Daya Manusia bertanggung jawab atas system arsip, absensi, serta pembinaan tenaga kerja agar terciptaa lingkungan keerja yang tertib dan produktif. Berwenang dalam pengambilan Keputusan administrative dan pengawasan pelaksanaan kebijakan internal perusahaan

f. Manager UPL dan K3

Manager UPL dan K3 memastikan kegiatan pabrik sesuai dengan peraturan lingkungan dan standar keselamatan kerja. Selain itu, mengawasi pengolahan limbah, melakukan inspeksi K3, serta menangani situasi darurat seperti kebocoran bahan kimia. Manager ini berwenang menghentikan kegiatan beresiko dan memberikan arahan keselamatan kepada seluruh karyawan.

g. Manager Humas dan Kemanan

Manager Humas dan Kemanan bertanggung jawab menjaga hubungan baik Perusahaan dengan pihak eksternal serta memastikan keamanan seluruh area pabrik. Selain itu, mengatur kegiatan komunikasi publik, menangani isu berkaitan dengan citra Perusahaan, dan

mengoordinasikan petugas keamanan. Berwenang menetapkan kebijakan keamanan.

7. Head Of Section atau Kepala Devisi

Kepala Devisi merupakan pemimpin di Tingkat bagian yang bertanggung jawab atas pelaksanaan kegiatan operasional di bidang tertentu. Setiap kepala devisi memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran kerja, memastikan target tercapai, dan melaporkan hasil kegiatan kepada Manager. Jabatan ini menuntut kemampuan Teknik, tanggung jawab kepemimpinan, serta ketelitian dalam menjalankan tugas.

a. Kepala Devisi Produksi

Bertanggung jawab atas pengaturan dan pengawasan kegiatan operational di unit produksi. Dan memastikan proses konversi bahan baku menjadi asam vinil formiat berjalan efisien, aman, dan sesuai standar mutu. Kepala devisi ini mengatur jadwal kerja operator, memonitor performa alat proses dan utilita.

b. Kepala Devisi Utilitas

Kepala Devisi Utilitas mengatur dan memelihara system pendukung seperti air, uap, udara tekan, dan Listrik agar pasokan energi serta kebutuhan operasional pabrik selalu terpenuhi. Selain itu, memastikan penggunaan energi efisien dan fasilitas utilitas beroperasi stabil. Kepala devisi ini berwenang melakukan koordinasi teknis dengan bagian pemeliharaan apabila ditemukan gangguan sistem.

c. Kepala Divisi Pemeliharaan Mekanik

Bertanggung jawab terhadap kegiatan perawatan dan perbaikan seluruh mesin produksi. Kepala Divisi Pemeliharaan Mekanik memastikan peralatan utama dan pendukung berfungsi baik dengan menerapkan jadwal pemeliharaan rutin serta penanganan cepat terhadap kerusakan.

d. Kepala Divisi Instrumentasi dan Listrik

Kepala divisi ini mengawasi pemeliharaan alat ukur system control otomatis, dan jaringan kelistrikan. Selain itu, memastikan system instrumentasi bekerja akurat serta aman untuk mendukung operasi pabrik. Berwenang dalam penyesuaian parameter alat control sesuai kebutuhan proses.

e. Kepala Divisi Laboratorium dan Analisis

Mengatur kegiatan pengujian bahan baku, produk antara, dan hasil akhir. Kepala Divisi Laboratorium dan Analisis memastikan hasil analisis sesuai standar mutu dan prosedur pengujian dilakukan dengan benar.

f. Kepala Divisi Pengembangan Proses

Kepala divisi ini berfokus pada peningkatan efisiensi produksi melalui penelitian metode baru atau perbaikan proses. Selain itu, melakukan uji coba skala kecil, mengevaluasi hasil, dan memberikan rekomendasi teknis kepada manajer penelitian.

g. Kepala Divisi Keuangan

Kepala Divisi Keuangan mengelola pencatatan transaksi, arus kas, dan laporan keuangan bulanan, memastikan penggunaan dana sesuai anggaran dan mengawasi pelaksanaan audit internal.

h. Kepala Divisi Pemasaran

Kepala divisi pemasaran bertugas mengembangkan strategi penjualan, promosi, dan ekspansi pasar, menjaga hubungan dengan pelanggan, serta Menyusun laporan penjualan kepada manager keuangan dan pemasaran.

i. Kepala Divisi Administrasi

Kepala Divisi Administrasi mengatur seluruh kegiatan administrasi Perusahaan, termasuk surat-menyurat, arsip, logistic, dan tata usaha. Manager memastikan seluruh dokumen dan system pencatatan Perusahaan tersusun rapi dan mudah di akses.

j. Kepala Divisi Sumber Daya Manusia (SDM)

Bertanggung jawab terhadap pengelolaan tenaga kerja, mulai dari rekrutmen, pelatihan, hingga evaluasi kinerja. Kepala Divisi Sumber Daya Manusia (SDM) juga mengawasi kedisiplinan dan kesejahteraan karyawan agar produktivitas kerja terjaga dengan baik

k. Kepala Divisi K3

Kepala Divisi K3 memastikan pelaksanaan prosedur keselamatan kerja di semua area pabrik. Selain itu juga, mengawasi pemakaian alat

pelindung diri, pelatihan tanggap darurat, serta penanganan potensi bahaya di lapangan.

l. Kepala Divisi Lingkungan (UPL)

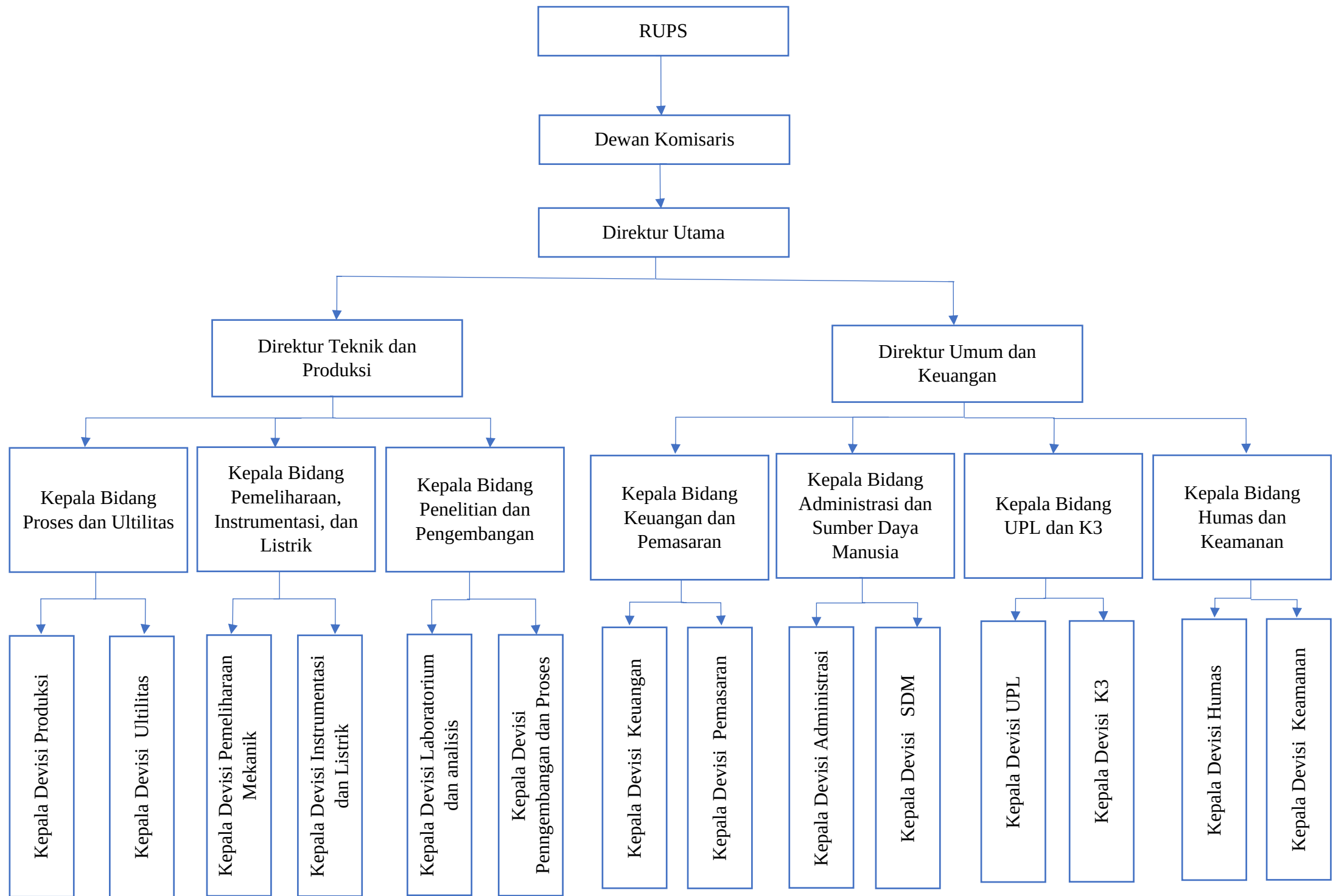
Bertanggung jawab mengelola limbah padat, cair, gas agar sesuai baku mutu lingkungan. Kepala Divisi UPL melakukan pemantauan emisi serta berkoordinasi dengan instansi terkait dalam pelaporan pengelolaan lingkungan perusahaan

m. Kepala Divisi Hubungan Masyarakat (Humas)

Kepala Divisi Hubungan Masyarakat (Humas) menjalin komunikasi antara Perusahaan dengan Masyarakat, pemerintahan, serta pihak eksternal lainnya. Selain itu, menangani kegiatan publikasi dan menjaga citra positif Perusahaan di lingkungan sekitar.

n. Kepala Divisi Hubungan Keamanan

Kepala Divisi keamanan. Memastikan kedisiplinan petugas keamanan serta kesiapsiagaan terhadap potensi ancaman yang dapat mengganggu operasional Perusahaan.



4.4.5 Status Kerja Karyawan

Dalam merancang pabrik Asam Venil Formiat, penentuan status kepegawaian karyawan memerlukan perencanaan yang cermat karena berdampak langsung pada manajemen tenaga kerja dan kelancaran operasional pabrik. Setiap karyawan memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda, sehingga sistem kepegawaian harus disesuaikan dengan kebutuhan lapangan. Status kepegawaian juga menjadi dasar penyusunan kebijakan Perusahaan, seperti penetapan upah, tunjangan, dan hak-hak lainnya. Dalam sistem ini, karyawan dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu :

a. Pekerja Tetap

Pekerja tetap Adalah pekerja yang dikerjakan secara terus menerus dan memiliki hak penuh sebagai bagian dari Perusahaan, termasuk gaji tetap, tunjangan kesejahteraan, dan jaminan sosial sesuai dengan kebijakan yang berlaku. Status ini biasanya diberikan kepada pekerja yang telah menunjukkan kinerja baik dan loyalitas kepada Perusahaan.

b. Pekerja Kontrak

Pekerja kontrak dipekerjakan untuk jangka waktu tertentu berdasarkan kebutuhan proyek atau operasional pabrik. Hubungan kerja ini bersifat sementara dan berakhir. Meskipun tidak berstatus tetap, karyawan kontrak tetap menerima upah dan hak-hak ketenagakerjaan sesuai kesepakatan antara Perusahaan dan karyawan.

c. Pekerja Lepas

Pekerja lepas adalah pekerja yang dipekerjakan hanya Ketika dibutuhkan untuk pekerjaan tertentu, tanpa jam kerja tetap. Umumnya, pembayaran didasarkan pada jumlah atau hasil pekerjaan yang diselesaikan. Pekerja lepas tidak diwajibkan untuk hadir secara rutin, tetapi tetap bertanggung jawab atas pekerjaan yang mereka hasilkan selama masa kerja

4.4.6 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Asam Venil Formiat direncanakan untuk beroperasi hampir sepanjang tahun, dengan total waktu kerja 330 hari. Sisa waktu yang tidak digunakan untuk produksi digunakan untuk pemeliharaan rutin, perbaikan peralatan, dan pemeriksaan sistem guna memastikan stabilitas proses. Pabrik beroperasi 24 jam sehari, sehingga system kerja yang diterapkan memerlukan perencanaan waktu yang jelas untuk menjaga efisiensi produksi dan mencegah kelelahan pekerja yang berlebihan

Jam kerja ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan masing-masing departemen, kondisi lapangan, dan keseimbangan antara produktivitas dan kesejahteraan karyawan. Alokasi jam kerja juga mempertimbangkan keselamatan, kinerja, dan kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

1. Karyawan Non-Shift

Karyawan non shift meliputi tenaga kerja yang tidak secara langsung terlibat dalam pengawasan proses produksi, melainkan berperan dalam kegiatan administratif, manajerial, dan pendukung operasional lainnya. Jam

kerja untuk kelompok ini mengikuti ketentuan kerja umum, dengan jam kerja 8 jam per hari, dari hari senin hingga jumat dengan sebagai berikut :

Table 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan Non-shift

Hari	Jam Kerja (WIIB)	Jam istirahat (WIB)
Senin - Kamis	08:30 – 17.30	12.30 – 13.30
Jumat	08:30 – 17.30	11.30 – 13.00
Sabtu	08:00 – 12.00	

2. Karyawan Shift

Untuk menjaga agar proses produksi tetap berjalan tanpa henti, pabrik menerapkan system kerja bergilir (shift) selama 24 jam setiap harinya. Pengaturan shift dilakukan agar beban kerja terbagi merata dan kegiatan produksi bisa berlangsung secara terus-menerus tanpa mengganggu kualitas hasil maupun keselamatan kerja. Karyawan shift terbagi menjadi tiga shift dalam sehari, dengan durasi masing-masing shift bekerja sekitar 8 jam :

- Shift I (Pagi) : 06:00 – 14:00
- Shift II (Siang) : 14:00 – 22:00
- Shift III (Malam) : 22:00 – 06:00

Berikut Adalah pembagian shift karyawan

Table 4. 3 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-
B	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I
C	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II
D	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III
Regu	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31
A	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-
C	II	III	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I
D	III	-	-	I	I	II	II	III	III	-	-	I	I	II	II

4.4.7 Penggolongan Jabatan, Jumlah Gaji, Kesejahteraan sosial Karyawan

1. Penggolongan Jabatan

Setiap jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh individu yang memiliki latar belakang Pendidikan sesuai dengan tanggung jawab dan perannya. Pemilihan tenaga kerja dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuan, pengalaman, serta relevansi bidang keahlian agar pelaksanaan tugas berjalan efektif. Kualifikasi pendidikan bervariasi, mulai dari lulusan sma untuk posisi teknisi hingga jenjang S-1 untuk jabatan yang menuntut kemampuan analisis dan tanggung jawab manajerial.

Dengan komposisi tersebut, kegiatan operasional dapat terlaksana secara optimal.

Table 4. 4 Daftar Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
1	Direktur Utama	S-2 (Pengalaman Min 10 Tahun)
2	staff Ahli	S-2 (Pengalaman Min 3 Tahun)
3	Direktur Teknik dan Produksi	S-2 Teknik Kimia (Pengalaman Min 10 Tahun)
4	Direktur Umum dan Keuangan	S-2 Manajemen (Pengalaman Min 10 Tahun)
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	S-1 Teknik Kimia (Pengalaman Min 5 Tahun)
6	Ka. Bag Pemeliharaan, Instrumentasi dan Listrik	S-1 Teknik Fisika/Elektro/Mesin (Pengalaman Min 5 Tahun)
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	S-1 Kimia (Pengalaman Min 5 Tahun)
8	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	S-1 Manajemen (Pengalaman Min 5 Tahun)
9	Ka. Bag. Unit Pengolahan Limbah dan K3	S-1 Teknik Kimia (Pengalaman Min 5 Tahun)
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	S-1 (Pengalaman Min 5 Tahun)
11	Ka. Div. Produksi	S-1 Teknik Kimia (Pengalaman Min 3 Tahun)
12	Ka. Div. Utilitas	S-1 Teknik Kimia (Pengalaman Min 3 Tahun)
13	Ka. Div. Pemeliharaan Mekanik	S-1 Teknik Mesin (Pengalaman Min 3 Tahun)
14	Ka. Div. Instrumen dan Listrik	S-1 Teknik Elektro (Pengalaman Min 3 Tahun)
15	Ka. Div. Laboratorium dan Analisa	S-1 Kimia (Pengalaman Min 3 Tahun)
16	Ka. Div. Pengembangan dan Proses	S-1 Kimia (Pengalaman Min 3 Tahun)
17	Ka. Div. Keuangan	S-1 Akutansi (Pengalaman Min 3 Tahun)
18	Ka. Div. Pemasaran	S-1 Akutansi (Pengalaman Min 3 Tahun)
19	Ka. Div. Administrasi	S-1 Akutansi (Pengalaman Min 3 Tahun)
20	Ka. Div. Sumber Daya Manusia	S-1 (Pengalaman Min 3 Tahun)
21	Ka. Div. Unit Pengolahan Limbah	S-1 Teknik Kimia (Pengalaman Min 3 Tahun)

No	Jabatan	Pendidikan
22	Ka. Div. Keselamatan, dan Kesehatan Kerja	S-1 Teknik Industri (Pengalaman Min 3 Tahun)
23	Ka. Div. Hubungan Masyarakat	S-1 (Pengalaman Min 3 Tahun)
24	Ka. Div. Keamanan	S-1 (Pengalaman Min 3 Tahun)
25	Karyawan Produksi	S-1 Teknik Kimia
26	Karyawan Utilitas	S-1 Teknik Kimia
27	Karyawan Pemeliharaan Mekanik	S-1 Teknik Mesin
28	Karyawan Instrumentasi dan Listrik	S-1 Teknik Elektro
29	Karyawan Laboratorium dan Analisa	S-1 Kimia/Analisa Kimia
30	Karyawan Pengembangan dan Proses	S-1 Kimia/Analisa Kimia
31	Karyawan Keuangan	S-1 Akutansi
32	Karyawan Pemasaran	S-1 Akutansi
33	Karyawan Administrasi	S-1 Manajemen
34	Karyawan Sumber Daya Manusia	S-1 Ilmu Komunikasi
35	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	S-1 Teknik Kimia
36	Karyawan Keselamatan, dan Kesehatan Kerja	S-1 Teknik Industri
37	Karyawan Hubungan Masyarakat	S-1 Ilmu Komunikasi
38	Karyawan Keamanan (Security)	SMU Sederajat
39	Operator	SMK/SMU sederajat
40	Dokter	Kedokteran
41	Perawat	S-1 Keperawatan
42	Sopir	SMP/SMU
43	Cleaning Service	SMP/SMU

2. Sistem Gaji dan Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah pekerja pada pabrik Asam Vinil Formiat ditentukan melalui pertimbangan cermat terhadap kebutuhan operasional setiap area kerja. Penentuan dilakukan untuk memastikan seluruh kegiatan produksi, supervise, dan administrasi dapat berjalan efektif tanpa menimbulkan beban kerja berlebihan pada salah satu pihak. Jumlah karyawan disesuaikan dengan kapasitas produksi, sehingga setiap posisi memiliki peran yang jelas dan saling mendukung dalam mencapai tujuan perusahaan.

Sistem pemberian gaji dirancang dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jenjang Pendidikan, pengalaman kerja, tanggung jawab pekerjaan, risiko pekerjaan . Dengan pengelolaan tenaga kerja dan sistem penggajian yang seimbang, diharapkan produktivitas pabrik akan meningkat sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang kondusif dan berkelanjutan.

Table 4. 5 Jumlah Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total (Rp)
1	Direktur Utama	1	32.000.000	32.000.000
2	staff Ahli	2	12.500.000	25.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	30.000.000	30.000.000
4	Direktur Umum dan Keuangan	1	30.000.000	30.000.000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	25.000.000	25.000.000
6	Ka. Bag Pemeliharaan, Instrumentasi dan Listrik	1	25.000.000	25.000.000
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	25.000.000	25.000.000
8	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	25.000.000	25.000.000
9	Ka. Bag. Unit Pengolahan Limbah dan K3	1	25.000.000	25.000.000
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	25.000.000	25.000.000
11	Ka. Div. Produksi	1	25.000.000	25.000.000
12	Ka. Div. Utilitas	1	25.000.000	25.000.000
13	Ka. Div. Pemeliharaan Mekanik	1	25.000.000	25.000.000
14	Ka. Div. Instrumen dan Listrik	1	25.000.000	25.000.000
15	Ka. Div. Laboratorium dan Analisa	1	25.000.000	25.000.000
16	Ka. Div. Pengembangan dan Proses	1	25.000.000	25.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total (Rp)
17	Ka. Div. Keuangan	1	25.000.000	25.000.000
18	Ka. Div. Pemasaran	1	25.000.000	25.000.000
19	Ka. Div. Administrasi	1	25.000.000	25.000.000
20	Ka. Div. Sumber Daya Manusia	1	25.000.000	25.000.000
21	Ka. Div. Unit Pengolahan Limbah	1	25.000.000	25.000.000
22	Ka. Div. Keselamatan, dan Kesehatan Kerja	1	25.000.000	25.000.000
23	Ka. Div. Hubungan Masyarakat	1	25.000.000	25.000.000
24	Ka. Div. Keamanan	1	25.000.000	25.000.000
25	Karyawan Produksi	25	7.000.000	175.000.000
26	Karyawan Utilitas	9	7.000.000	63.000.000
27	Karyawan Pemeliharaan Mekanik	6	7.000.000	42.000.000
28	Karyawan Instrumentasi dan Listrik	6	7.000.000	42.000.000
29	Karyawan Laboratorium dan Analisa	6	7.000.000	42.000.000
30	Karyawan Pengembangan dan Proses	6	7.000.000	42.000.000
31	Karyawan Keuangan	6	7.000.000	42.000.000
32	Karyawan Pemasaran	6	7.000.000	42.000.000
33	Karyawan Administrasi	6	7.000.000	42.000.000
34	Karyawan Sumber Daya Manusia	6	7.000.000	42.000.000
35	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	6	7.000.000	42.000.000
36	Karyawan Keselamatan, dan Kesehatan Kerja	6	7.000.000	42.000.000
37	Karyawan Hubungan Masyarakat	6	7.000.000	42.000.000
38	Karyawan Keamanan (Security)	10	6.000.000	60.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total (Rp)
39	Operator	12	9.000.000	108.000.000
40	Dokter	2	6.000.000	12.000.000
41	Perawat	6	3.500.000	21.000.000
42	Sopir	6	3.000.000	18.000.000
43	Cleaning Service	15	2.000.000	30.000.000
Jumlah Gaji Total		176	725.000.000	1.566.000.000

4.4.7 Fasilitas dan Hak Pekerja

Fasilitas serta hak diberikan kepada karyawan merupakan bagian penting dalam menciptakan hubungan kerja yang adil, nyaman, dan produktif. Perusahaan menyediakan berbagai bentuk dukungan untuk menunjang kerja sehari-hari pekerja. Beberapa di antaranya sebagai berikut :

1. Hak Cuti

Pekerja memperoleh hak cuti tahunan sebanyak 12 hari kerja setiap tahun dengan tetap menerima gaji secara penuh. Hak cuti ini tidak dapat diakumulasikan ke tahun berikutnya sehingga harus digunakan dalam periode yang sama. Selain itu, pekerja yang mengalami sakit berhak cuti sakit dengan syarat melampirkan surat keterangan dari dokter yang menyatakan kondisi kesehatan tidak memungkinkan untuk bekerja. Selama masa pemulihan, pekerja tetap memperoleh upah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Bagi pekerja Perempuan, perusahaan juga memberikan hak cuti melahirkan selama tiga bulan penuh. Selama periode ini, gaji tetap dibayarkan secara utuh agar pekerja dapat fokus menjalani pemulihan dan perawatan pasca persalinan.

2. Hak Libur

Pekerja yang bekerja dengan sistem non-shift mendapatkan hak libur pada hari-hari nasional sesuai ketentuan pemerintah. Jika mereka tetap bekerja pada hari tersebut, maka akan diberikan upah lembur sesuai peraturan yang berlaku. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional dapat dijadwalkan bergantian sesuai kebutuhan operasional pabrik, dan hari tersebut dihitung sebagai kerja lembur. Selain libur nasional, seluruh karyawan juga memperoleh libur mingguan sebanyak dua hari dalam satu minggu. Jadwal libur ini diatur sesuai sistem kerja masing-masing, Dimana pekerja nonshift umumnya libur pada hari pekan, sedangkan karyawan shift mengikuti pola rotasi yang telah ditetapkan.

3. Hak Kerja Lembur

Perusahaan memperbolehkan kerja lembur apabila ada kebutuhan mendesak yang memerlukan penyelesaian segera. Lembur hanya dapat dilakukan setelah memperoleh persetujuan dari kepala bagian terkait. Permohonan lembur disampaikan secara tertulis melalui sistem internal Perusahaan. Pekerja yang bekerja lembur akan menerima upah sesuai jam kerja yang tercatat, dengan ketentuan mengacu pada peraturan pemerintahan yang berlaku.

4. Jaminan Sosial Ketenagakerjaan

Seluruh pekerja terdaftar dalam program BPJS Ketenagakerjaan sebagai bentuk perlindungan dari risiko kerja dan jaminan kesejahteraan. Program ini meliputi jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian, serta perlindungan bagi keluarga apabila terjadi hal yang tidak diinginkan

5. Fasilitas Kerja

Untuk mendukung kelancaran pekerjaan, Perusahaan menyediakan fasilitas yang dapat digunakan oleh seluruh pekerja. Fasilitas tersebut mencakup tunjangan transportasi dan makan, seragam kerja, alat pelindung diri, serta sarana pendukung seperti ruang istirahat yang bersih dan lingkungan kerja yang bersih. Selain itu, disediakan juga program pelatihan dan pengembangan diri untuk meningkatkan kompetensi serta kinerja pekerja agar dapat bekerja dengan lebih efektif dan aman.

BAB V

UTILITAS

Unit Utilitas adalah bagian dari pabrik kimia yang memfasilitasi layanan pendukung yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Walaupun unit utilitas tidak secara langsung terlibat dalam reaksi kimia atau menghasilkan produk utama tetapi memiliki peran sebagai faktor krusial dalam menjaga kelancaran proses produksi. Unit pendukung yang dibutuhkan dalam perancangan pabrik kimia asam vinil formiat antara lain:

1. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Menyediakan tenaga listrik untuk seluruh peralatan di pabrik, mulai dari sektor produksi hingga perkantoran. Sumber listrik dapat diperoleh dari PLN dan Generator cadangan apabila terdapat gangguan listrik dari PLN.

2. Unit Penyedia Air Pemanas (*Steam System*)

Menyediakan uap air (steam) sebagai sumber energi panas untuk berbagai kebutuhan proses di pabrik.

3. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi untuk menyediakan air dengan kualitas yang sesuai kebutuhan operasi pabrik, seperti air proses, air pendingin, air umpan boiler maupun air kebutuhan sanitasi dan perkantoran.

4. Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply System*)

Menyediakan energi bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran di boiler dan generator.

5. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Menyediakan udara bertekanan tinggi untuk sistem kontrol dan operasi peralatan pneumatik di seluruh pabrik.

5.1 Unit Penyediaan dan pengolahan air

Unit ini memiliki peran untuk mengolah dan menyediakan air bersih untuk kebutuhan pabrik

5.1.1 Unit penyediaan air

Merupakan unit utilitas yang memiliki peran untuk menyediakan air untuk kebutuhan industri, perkantoran dan rumah tangga. Pada suatu industri, kebutuhan air dapat dipenuhi dari sumur bor, laut, sungai, dan danau. Pada pabrik asam vinil formiat ini, air proses direncanakan diperoleh dari Sungai Porong, dengan sejumlah pertimbangan tertentu yang mendukung pemilihan sumber tersebut yaitu:

1. Debit air yang besar dan relatif stabil sepanjang tahun, sehingga dapat memenuhi kebutuhan air proses, pendinginan, dan utilitas pabrik.
2. Dapat mengurangi biaya transportasi dan infrastruktur, karena lokasi pabrik dirancang di dekat aliran sungai.
3. Biaya operasional utilitas air dapat ditekan secara signifikan, karena biaya penggunaan air sungai umumnya lebih murah dibandingkan sumber lain seperti air tanah dalam, air laut (yang perlu desalinasi), atau air dari PDAM industri.

4. Air sungai memiliki kualitas yang masih dapat diolah dengan teknologi konvensional seperti koagulasi, sedimentasi, filtrasi, dan demineralisasi.

a) Air Domestik

Air domestik didefinisikan sebagai air yang dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari di area perumahan, perkantoran, serta lingkungan pabrik. Mengacu pada standar WHO, konsumsi air per individu diperkirakan antara 100–200 liter per hari. Rincian kebutuhan air domestik di pabrik asam vinil formiat dijelaskan sebagai berikut:

Penggunaan air untuk perumahan karyawan

Jumlah rumah	: 7
Jumlah orang per rumah	: 5
Kebutuhan air per orang	: 300
Total kebutuhan air perumahan	: Jumlah rumah x jumlah orang per rumah x kebutuhan air per orang
	: 437,5 kg/jam

Penggunaan air untuk perkantoran

Dalam sehari, air yang dibutuhkan : 150 liter/hari

Jumlah karyawan kantor : 170 Karyawan

Total kebutuhan air kantor : Jumlah karyawan x kebutuhan air per hari

: 170 karyawan x 150 liter/hari

: 25.500 kg/hari

: 1062,5 kg/jam

Penggunaan air untuk lingkungan

Penggunaan air yang diperuntukkan bagi pemeliharaan lingkungan dan fasilitas umum dalam area pabrik diasumsikan dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan air taman, air hydrant, dan lainnya
- 2) Kebutuhan air untuk keperluan lingkungan sebesar 5% dari total kebutuhan air bagi perumahan karyawan.

Kebutuhan air lingkungan : 5% x kebutuhan air perumahan karyawan

: 5% x 25.500 kg/hari

: 46,87 kg/jam

Dengan demikian, total kebutuhan air domestik dapat disajikan pada tabel berikut:

Table 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Penggunaan Air	Kebutuhan Air (Kg/jam)
1	Perumahan	437,5
2	Perkantoran	1062,5
3	Lingkungan	46,87
Total		1546,87

b) Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang dimanfaatkan sebagai media untuk menyerap dan mengalirkan panas pada proses produksi di dalam pabrik.

Berikut kebutuhan air pendingin pada pabrik asam vinil formiat :

Table 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan Air (kg/Jam)
1	<i>Condensor Partial</i> (CD-01)	135046,32
2	<i>Condensor Total</i> (CD-02)	352,59
3	<i>Cooler</i> (CL-01)	10958,17
4	<i>Cooler</i> (CL-02)	23710,67
5	<i>Cooler Dowtherm</i> (CT-01)	17853,74
6	<i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-01)	22365,68
7	<i>Make Up</i>	17006,77
Total		213430,53

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

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan uap (steam) guna menunjang keberlangsungan proses produksi di dalam pabrik. Berikut kebutuhan *steam* pada pabrik asam vinil formiat :

Table 5. 3 Kebutuhan Steam Pada Pabrik

No.	Nama Alat	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
1	Pemanas (HE-01)	3395,96
2	Pemanas (HE-02)	1999,90
3	<i>Vaporizer</i> (VP-01)	69,33
4	<i>Reboiler</i> (RB-01)	1706,41
5	Pemanas WHB	802,48
6	<i>Make Up</i>	717,16
Total		8691,25

Table 5. 4 Tekanan steam tiap alat

No.	Nama Alat	Tekanan Steam (Atm)
1	Pemanas (HE-01)	46,30
2	Pemanas (HE-02)	46,30
3	<i>Vaporizer</i> (VP-01)	4,69
4	<i>Reboiler</i> (RB-01)	4,69
5	<i>WasteHeatBoiler</i> (WHB-01)	4,69
6	Pemanas WHB	4,69

Dengan demikian, total kebutuhan air pada pabrik asam vinil formiat dapat disajikan pada tabel berikut:

Table 5. 5 Kebutuhan Air

No.	Kebutuhan Air	Jumlah (Kg/Jam)
1	Domestik	1.546,87
2	Pendingin	21167679,63
3	Umpan Boiler	8691,25
Total		221914,91

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik ini, sumber air diperoleh dari sungai yang berlokasi tidak jauh dari area pabrik. Air sungai yang akan digunakan untuk keperluan di lingkungan pabrik perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Adapun tahapan proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:

a) Pengambilan Air (*Intake Water*)

Air yang diambil dari Sungai Porong dialirkan melalui pompa menuju bak penampungan awal. Pada bagian pipa masuk (intake) dipasang saringan yang berfungsi untuk mencegah masuknya objek berukuran besar ke dalam sistem pengolahan, seperti ranting sampah, ikan, kayu, daun dan sejenisnya. Sementara itu, partikel kotoran berukuran lebih kecil masih terbawa bersama aliran air dan akan dipisahkan pada tahap pengolahan berikutnya.

b) Sedimentasi

Setelah melewati tahap penyaringan, air dialirkan menuju proses sedimentasi yang berfungsi untuk memisahkan partikel pengotor dengan

memanfaatkan kerja gaya gravitasi. Pada tahap ini, butiran halus yang belum terpisah pada proses penyaringan sebelumnya, seperti pasir dan lumpur, akan perlahan mengendap di dasar bak karena pengaruh gravitasi bumi.

c) Koagulasi-Flokulasi dan Pengendapan Lanjutan (*Clarifier*)

Air dari bak pencampuran cepat masuk ke clarifier untuk proses pemisahan antara air dan flok yang terbentuk. Flok mengendap di dasar clarifier, sedangkan air jernih keluar menuju tahap filtrasi.

d) Penyaringan (Filtrasi)

Air jernih dari clarifier melewati media penyaring, biasanya terdiri atas pasir dan kerikil, untuk menghilangkan sisa partikel halus yang masih terbawa dalam aliran air.

e) Bak Penampungan Air Bersih

Air hasil penyaringan dikumpulkan di bak penampungan sebagai cadangan sebelum digunakan untuk proses produksi atau pengolahan lebih lanjut.

f) Tangki Deklorinasi

Jika air sebelumnya telah mengalami proses klorinasi, maka pada tahap ini dilakukan deklorinasi untuk menghilangkan sisa klorin bebas agar tidak merusak peralatan atau memengaruhi reaksi kimia di proses produksi.

g) Menara Pendingin (*Cooling Tower*)

Sebagian air dialirkan ke menara pendingin untuk digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses. Menara ini berfungsi menurunkan suhu air melalui proses perpindahan panas dan penguapan sebagian air.

h) Demineralisasi (*Demineralization Unit*)

Air yang akan digunakan sebagai air umpan boiler diolah pada unit demineralisasi untuk menghilangkan ion-ion mineral (seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Cl^-) menggunakan resin penukar ion, sehingga diperoleh air dengan kemurnian tinggi.

i) Deaerator

Deaerator berfungsi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat menyebabkan korosi pada sistem boiler. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan air umpan hingga mendekati titik didihnya menggunakan uap (steam) bertekanan rendah, sehingga gas-gas terlarut dapat terlepas dari air.

Sebelum memasuki deaerator, air umpan boiler biasanya telah melalui tahap demineralisasi, di mana ion positif (kation) seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan natrium (Na^+), serta ion negatif (anion) seperti klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan bikarbonat (HCO_3^-) dihilangkan menggunakan resin penukar ion. Penghilangan ion-ion ini penting untuk mencegah pembentukan kerak dan endapan di dalam boiler.

Dengan demikian, air yang masuk ke deaerator merupakan air dengan tingkat kemurnian tinggi dan bebas dari mineral, sehingga proses

penghilangan gas terlarut dapat berlangsung lebih efektif. Air hasil deaerasi kemudian digunakan sebagai air umpan boiler (boiler feed water) untuk menghasilkan uap yang dibutuhkan dalam proses produksi pabrik asam vinil formiat.

5.2 Unit Pembangkit Uap Panas (*Steam*)

Unit pembangkit uap berfungsi untuk menyediakan steam yang dibutuhkan dalam proses produksi dengan memanfaatkan boiler yang beroperasi pada tekanan 4,6 bar. Uap yang dihasilkan berupa uap jenuh (saturated steam), dan jenis boiler yang digunakan adalah boiler tipe lorong api. Total kebutuhan steam pada pabrik Asam Vinil Formiat mencapai 7.888,77 kg/jam. Pemenuhan kebutuhan tersebut dilakukan melalui sistem boiler dengan spesifikasi yang dijelaskan pada bagian berikut:

Nama alat	: Boiler
Fungsi	: Proses pembentukan uap jenuh dilakukan dengan memanaskan air umpan boiler.
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1
Jumlah pipa	: 1642
<i>Rate of steam</i>	: 7171,61 kg/jam
Efisiensi pembakaran	: 90%
Tekanan	: 4,6 bar
Suhu <i>Steam</i>	: 303,15 K

Bahan Bakar

Jenis : Bahan bakar minyak

Heating Value : 43938 kJ/liter

Kebutuhan : 492,32 liter/jam

Penyediaan steam akan dibantu oleh waste heat boiler (WHB-01), yang menerima panas dan menyalurkan steam ke alat Reboiler (RB-01) dan Vaporizer (VP-01)

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan energi listrik pada pabrik Asam Vinil Formiat dipenuhi melalui dua sumber utama, yaitu pasokan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator cadangan internal. Generator cadangan berfungsi sebagai sumber daya alternatif apabila terjadi gangguan atau pemadaman dari PLN. Jenis generator yang digunakan merupakan generator diesel dengan kapasitas daya sebesar 10.000 kW. Penggunaan listrik dari PLN memiliki keunggulan dalam hal biaya yang lebih ekonomis, namun kelemahannya terletak pada potensi ketidakstabilan pasokan dan fluktuasi tegangan. Rincian kebutuhan listrik pada pabrik Asam Vinil Formiat dapat dilihat pada tabel berikut :

a) Kebutuhan listrik untuk unit utilitas dan unit proses

Table 5. 6 kebutuhan listrik

No.	Alat	hp	kW
1	Pompa (P-01)	5	3,72
2	Pompa (P-02)	5	3,72
3	Pompa (P-03)	5	3,72
4	Pompa (P-04)	5	3,72

No.	Alat	hp	kW
5	Pompa (PU-01)	0,5	0,37
6	Pompa (PU-02)	0,5	0,37
7	Pompa (PU-03)	0,5	0,37
8	Pompa (PU-05)	0,75	0,55
9	Pompa (PU-06)	3	2,23
10	Pompa (PU-07)	0,5	0,37
11	Blower (B-01)	0,5	0,37
12	Kompresor Udara Tekan	0,5	0,37
13	Cooling Tower	50	37
14	Clarifier	0,5	0,37
15	Bak Pencampur Cepat	0,5	0,37
Total		77,75	57,97

- a) Kebutuhan listrik untuk kantor, bengkel dan lain-lain.

Kebutuhan listrik di asumsikan 7500 kW.

Maka, kebutuhan listrik secara keseluruhan pada perancangan pabrik asam vinil formiat adalah sebesar 7.557,97 kW. Listrik dipenuhi oleh PLN sebagai cadangan dipakai generator dengan daya 10.000 kW.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Berfungsi untuk menghasilkan dan menyalurkan udara bertekanan yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan operasional pabrik. Udara tekan ini umumnya digunakan untuk sistem kontrol instrumen, penggerak aktuator pneumatik, pembersihan peralatan proses, serta kebutuhan lain yang memerlukan tekanan udara stabil dan bersih.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Memiliki peran untuk memenuhi bahan bakar pada pabrik asam vinil formiat. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah solar, karena memiliki ketersediaan yang mudah diperoleh serta dapat disimpan dengan aman dan praktis. Bahan bakar akan diperoleh dari PT. Pertamina sebesar 16.00 liter dan akan disimpan di dalam tangka penampung. Bahan bakar yang disuplai pada unit ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasi boiler dan generator. Konsumsi bahan bakar pada pabrik mencapai 492,32 liter per jam.

5.6 Unit Penyedia Dowtherm

Memiliki peran untuk memenuhi pendingin berupa *dowtherm* yang digunakan pada alat reaktor. Jenis *dowtherm* yang digunakan adalah dowtherm A yang terdiri dari senyawa *Diphenyl Oxyde* 73,5 % dan *Diphenyl* 26,5 % yang dapat pada rentang suhu 15°C - 400 °C serta tekanan antara 1 hingga 10,6 bar, dan tetap berfungsi baik dalam fasa cair maupun uap.. Pertimbangan yang digunakan adalah bahwa *dowtherm* mampu beroperasi pada suhu yang jauh lebih tinggi, sehingga efektivitasnya sebagai media pendingin menjadi lebih baik dibandingkan air. Air pendingin berpotensi cepat memanaskan dan bahkan menguap sebelum proses perpindahan panas selesai, sedangkan *dowtherm* tetap stabil pada kondisi tersebut. Jumlah *dowtherm* yang digunakan pada reaktor adalah 1.666,67 kg/jam yang akan diperoleh dari *Dow / Dow Chemical Company*.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendapan Awal

Table 5. 7 Spesifikasi Bak Pengendapan Awal

Spesifikasi	
Nama Alat	Bak Pengendapan Awal
Fungsi	Mengendapkan partikel kotoran yang terbawa bersama aliran air sungai
Jenis	Bak beton persegi panjang
Material	Beton berulang
Waktu tinggal (Jam)	24
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Operasi ($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume (m^3)	66,76
Panjang (m)	7,75
Lebar (m)	3

2. Bak Pencampur Cepat

Table 5. 8 Spesifikasi Bak Pencampur Cepat

Spesifikasi	
Nama Alat	Bak Pengendapan Cepat
Fungsi	mencampurkan bahan kimia koagulan dan zat pengurang kesadahan air

Jenis	Bak silinder tegak
Material	Baja karbon
Waktu tinggal (min)	3
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Operasi ($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume (m^3)	0,04
Panjang (m)	0,40
Lebar (m)	0,40
Pengaduk	
Jenis	<i>Turbin blade</i>
Power Pengadukan (hp)	0,5

3. Clarifier

Table 5. 9 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi	
Nama Alat	Klarifier
Fungsi	Menggumpalkan serta mengendapkan partikel koloid yang masih terbawa dalam air
Jenis	Bak silinder tegak dengan kerucut di bawah
Material	Baja bertulang
Waktu tinggal (min)	5
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Operasi ($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1

Dimensi	
Volume (m ³)	15,89
Diameter (m)	2,9
Tinggi (m)	1,4
Penggaruk	
Jenis penggaruk	<i>Rake</i>
Material	Baja karbon
Kecepatan (rpm)	0,04
Power Pengadukan (hp)	0,5

4. Saringan Pasir

Table 5. 10 Spesifikasi Saringan Pasir

Spesifikasi	
Nama Alat	Saringan Pasir
Fungsi	Menyaring partikel halus yang masih terbawa dalam air hasil keluaran dari unit klarifier
Jenis	Bak Persegi Panjang
Material	Baja bertulang
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Operasi (°C)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Tinggi Tumpukan (m)	1,21
Tinggi (m)	2,9
Panjang (m)	0,42
Lebar (m)	0,42

5. Bak Penampung Air Bersih

Table 5. 11 Spesifikasi Penampung Air Bersih

Spesifikasi	
Nama Alat	Bak Penampung Air Bersih
Fungsi	Menampung air bersih yang dihasilkan dari proses penyaringan
Jenis	Bak Persegi Panjang
Material	Baja bertulang
Waktu Tenggat (jam)	24
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Operasi ($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume (m^3)	31,05
Panjang (m)	4,82
Kedalaman (m)	4
Lebar (m)	1,6

6. Bak Air Minum

Table 5. 12 Spesifikasi Bak Air Minum

Spesifikasi	
Nama Alat	Bak Penampung Air Minum
Fungsi	Menampung air bersih yang dapat diminum untuk kantor, perumahan dan pelayanan.
Jenis	Bak Persegi Panjang
Material	Baja bertulang
Waktu Tenggat (jam)	24
Jumlah	1
Kondisi Operasi	

Suhu Operasi ($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume (m^3)	43,41
Panjang (m)	5,70
Kedalaman (m)	4
Lebar (m)	1,90

7. Menara Pendingin

Table 5. 13 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi	
Nama Alat	Menara Pendingin
Fungsi	Menurunkan suhu air menjadi 30°C dari semula 50°C
Jenis	Menara pendingin jujut tarik
Material	Baja bertulang
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu Input($^{\circ}\text{C}$)	50
Suhu Output($^{\circ}\text{C}$)	30
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Volume ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ jam}$)	193,40
Tinggi (m)	9,14
Panjang (m)	6,72
Lebar (m)	6,72
Daya Penggerak Fan (hp)	19,37
Motor Standar (Hp)	20

8. Kompresor Udara

Table 5. 14 Spesifikasi Kompresor Udara

Spesifikasi	
Nama Alat	Kompresor Utilitas
Fungsi	Menyalurkan udara bertekanan ke dalam tangki silika
Bahan yang dikompresi	Single Stage
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Baja bertulang
Kapasitas (Nm^3/jam)	2
Daya Motor (hp)	0,5
Jumlah	1
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>

9. Pemanas Fluida Input WHB

Table 5.15 Spesifikasi *Heater* Fluida Input WHB

Spesifikasi		
Nama Alat	Heater Pre-WHB	
Fungsi	Memanaskan Fluida Input WHB dari suhu 30°C menjadi 120°C	
Material	Carbon Steel	
Jumlah	1	
Tipe alat	Shell and Tube	
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	30°C
	Kapasitas (kg/jam)	42,29
	Pressure Drop (Pa)	103,14
Tube	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	130
	Kapasitas (kg/jam)	802,48
	Pressure Drop (Pa)	139,42

Dimensi dan Material		
Shell	<i>Passes</i>	2
	<i>Baffle Space</i> (m)	0,508
	ID (in)	20
Tube	BWG	14
	ID (in)	0,58
	OD (in)	0,75
	Susunan	3/4" pada 15/16" Triangular pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375
	Jumlah, Nt	302

10. Pendingin Dowtherm

Tabel 5.16 Spesifikasi Pendingin Dowtherm

Spesifikasi		
Nama Alat	Cooler Dowtherm	
Fungsi	Mendinginkan dowtherm yang keluar reaktor dari 244°C menjadi 240°C	
Material	Carbon Steel	
Jumlah	1	
Tipe alat	Shell and Tube	
Kondisi Operasi		
Shell	Fluida	Dingin
	Suhu (°C)	240°C
	Kapasitas (kg/jam)	1855,33
	Pressure Drop (Pa)	161,12
Tube	Fluida	Panas
	Suhu (°C)	244
	Kapasitas	1747,40

	(kg/jam)	
	<i>Pressure Drop</i> (Pa)	134,55
Dimensi dan Material		
Shell	<i>Passes</i>	2
	<i>Baffle Space</i> (m)	0,508
	ID (in)	20
Tube	BWG	14
	ID (in)	0,58
	OD (in)	0,75
	Susunan	3/4" pada 15/16" Triangular pitch
	<i>Pitch</i> (in)	0,9375
	Jumlah, Nt	106

11. Penyimpanan Bahan

Table 5. 17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan

Tangki	Tangki Penukar kation	Tangki Penukat Anion	Tangki NaCl	Tangki NaOH
Fungsi Peruntukan Alat	Menghilangkan kandungan mineral yang masih terdapat di dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air.	Melarutkan NaOH yang digunakan untuk proses regenerasi penukar anion.
Jenis	Tangki silinder vertikal			
Lama Penyimpanan (hari)	7			
Fasa	Cair			
Jumlah Tangki	2	2	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm			
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : Baja Karbon	Bahan Konstruksi : Baja Karbon	Bahan Konstruksi : Baja Karbon	Bahan Konstruksi : Baja Karbon

Tangki	Tangki Pernukar kation	Tangki Penukat Anion	Tangki NaCl	Tangki NaOH
	Volume Tangki: Diameter: 0,51 m Tinggi: 0,61m	Volume Tangki: Diameter: 0,34 m Tinggi: 0,41 m	Volume Tangki: 0,72 m Diameter: 0,91 m Tinggi: 0,91 m	Volume Tangki: 1,05 m Diameter: 1,03 m Tinggi: 1,03 m

Lanjutan

Tangki	Tangki Umpan Boiler	Tangki Kondensat	Tangki Silika	Tangki Udara Tekan
Fungsi Peruntukan Alat	Tempat penampungan air umpan boiler	Tempat penampungan air kondensat	Mengeluarkan uap air yang masih terdapat di dalam udara.	Menyimpan udara bertekanan.
Jenis	Tangki silinder horizontal	Tangki silinder horizontal	Tangki silinder vertikal	Tangki silinder horizontal
Lama Penyimpanan	8 Jam	1 jam	7 hari	2 jam
Fasa	Cair		Gas	
Jumlah Tangki	2	2	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30 ⁰ C Tekanan : 1 atm			Suhu : 30 ⁰ C Tekanan : 4 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : Baja Karbon Volume Tangki:	Bahan Konstruksi : Baja Karbon Volume Tangki:	Bahan Konstruksi : Baja Karbon Volume Tangki:	Bahan Konstruksi : Baja Karbon Volume Tangki:

Tangki	Tangki Umpan Boiler	Tangki Kondensat	Tangki Silika	Tangki Udara Tekan
	Diameter: 0,51 m	Diameter: 0,34 m	0,72 m Diameter: 0,91 m	1,05 m Diameter: 1,03 m
	Panjang: 0,61m	Panjang: 0,41 m	Tinggi: 0,91 m	Panjang: 1,03 m

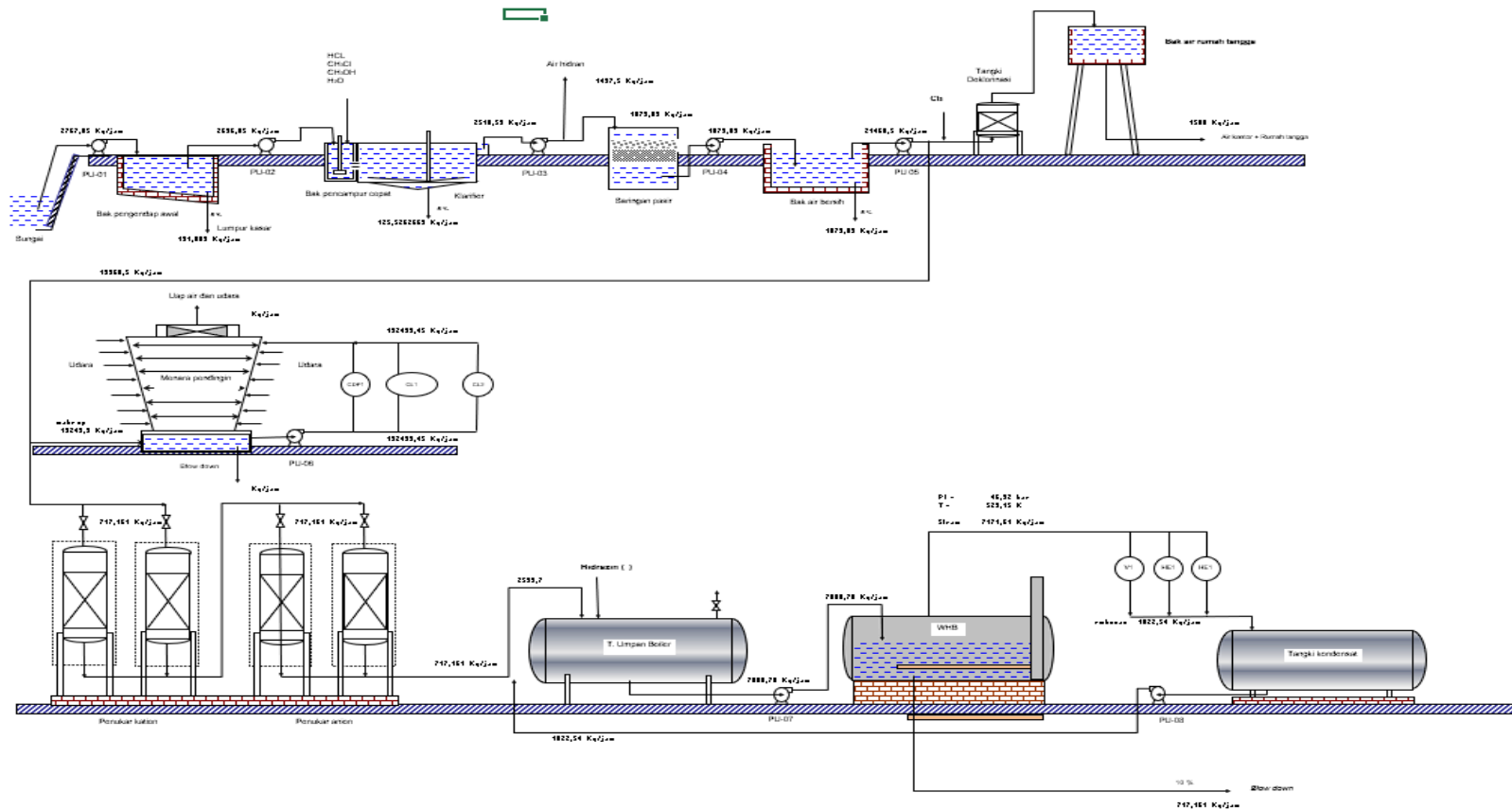
11. Pompa

Table 5. 18 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa					
Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Bahan yang dipompa	Air					
Viskositas (kg/m ³)	0,8					

Spesifikasi	Pompa					
Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Densitas (kg/m ³)	1000					
Suhu (°C)	30					
Tekanan (atm)	1					
Kapasitas (m ³ /jam)	2,78	2,64	2,53	21,56	193,40	7,92
Pump Head (m)	12,56	38,41	5,17	21,90	13,10	4,67
Jenis Aliran	Laminer	Laminer	Laminer	Turbulen	Turbulen	Laminer
Daya Motor (Hp)	0,5	0,5	0,5	0,75	3	0,5
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Bahan Konstruksi	Baja Komersial					

5.8 Diagram Unit Pengolahan Air



Gambar 5. 1 Diagram Unit Pengolahan Air

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi dalam perancangan pabrik bertujuan untuk menentukan sejauh mana proyek yang diusulkan akan menghasilkan keuntungan finansial. Melalui analisis ini, semua biaya yang terkait dengan Pembangunan dan pengoprasian pabrik dapat dihitung secara sistematis. Hasil evaluasi kemudian digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan mengenai kelayakan pabrik dan kemampuan memberikan pengembalian modal sesuai dengan target investasi. Pada tahap ini, dilakukan estimasi berbagai komponen biaya yang akan dikeluarkan selama masa konstruksi hingga pabrik beroperasi. Proses evaluasi dilakukan secara bertahap untuk memastikan hasil yang lebih akurat dan mencerminkan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.

Untuk itu pada perancangan pabrik Asam Vinil Formiat ini, terdapat beberapa faktor -faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - a. Percent return on investment (ROI)

- b. Pay out time (POT)
- c. *Break event point* (BEP)
- d. Discountend cash flow (DCF)

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

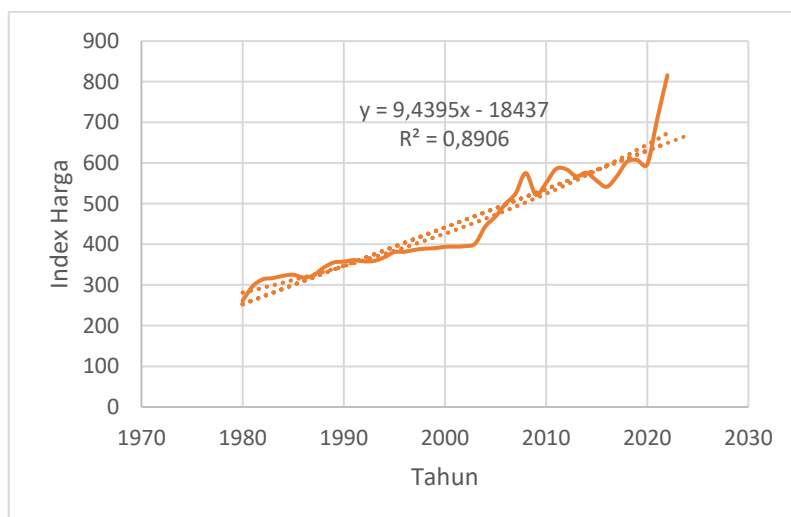
Harga setiap peralatan proses dalam suatu unit produksi umumnya dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang berlaku selama periode tertentu. Perubahan kondisi ekonomi, baik skala nasional maupun global, dapat menyebabkan nilai peralatan berfluktuatif dari tahun ke tahun. Faktor-faktor seperti inflasi, biaya bahan baku, dan perkembangan teknologi juga berkontribusi terhadap pergerakan harga ini. Dinamika ini mempersulit penetapan harga yang benar-benar akurat, sehingga diperlukan pendekatan estimasi yang sesuai dengan kondisi aktual. Untuk melakukan estimasi, data harga peralatan biasanya disesuaikan dengan indeks biaya yang berlaku pada tahun analisis. Dalam prarancangan pabrik Asam Vinil Formiat, perhitungan dilakukan dengan menggunakan kondisi ekonomi tahun 2025 sebagai acuan. Yang kemudian diproyeksikan terhadap kebutuhan Pembangunan pabrik pada tahun 2029. Seluruh komponen biaya, baik untuk peralatan utama maupun fasilitas pendukung, dihitung berdasarkan nilai-nilai pada tahun analisis untuk memastikan estimasi yang lebih representatif.

Sebagai alat penyesuaian nilai, Indeks Biaya Pabrik Teknik Kimia (*Chemical Engineering Plant Cost Index* / CEPCI) digunakan sebagai sebuah indeks yang umum di bidang teknik kimia untuk memperbarui harga peralatan industri sejalan dengan perubahan kondisi ekonomi dari tahun ke tahun. Dengan menggunakan indeks ini, perhitungan investasi pabrik dapat mencerminkan estimasi biaya yang relevan dengan kondisi ekonomi aktual.

Table 6. 1 Chemical Engineering Plant Cost Index

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1980	261,2
1981	297
1982	314
1983	317
1984	322,7
1985	325,3
1986	318,4
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,4
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2

2021	708,8
2022	816



Gambar 6. 1 Grafik Regresi Index

Dalam Perancangan pabrik Asam Vinel Fermiat, Pembangunan direncanakan pada tahun 2029. Oleh Karena itu, penyesuaian indeks harga untuk tahun tersebut diperlukan untuk memperikrarkan biaya peralatan secara lebih realistis. Proses estimasi harga dilakukan menggunakan dua pendekatan perhitungan yang umum digunakan dalam evaluasi ekonomi pabrik.

Harga peralatan pada tahun Pembangunan pabrik dapat diperoleh dengan mengalikan harga acuan sebelumnya dengan indeks harga antara kedua priode waktu. Hubungan ini dijelaskan dalam rumus yang dikemukakan oleh Aries dan Newton (1995), yang menjadi dasar untuk memperkirakan perubahan nilai investasi akibat pergeseran kondisi ekonomi dari tahun acuan ke tahun Pembangunan yang direncanakan.

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

Keterangan :

Ex : Harga Pembelian pada tahun perencanaan

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun perencanaan

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Dari analisis perhitungan untuk mengetahui indeks pada tahun perencanaan pendirian pabrik, maka untuk harga alat pada tahun tersebut dapat dilihat pada table berikut :

Table 6. 2 Harga Alat Tahun Evaluasi

No	Nama alat	Kode	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
1	Akumulator	AC-01	1	576,1	715,7455	4000	4970
3	Distilasi	MD-01	1	576,1	715,7455	5000	6212
4	Kompresor	K-01	1	576,1	715,7455	648800	806068
2	Kondensor	CD-01	1	576,1	715,7455	1000	1242
5	Kondensor	CD-02	1	576,1	715,7455	1000	1242
6	Pemanas	HE-01	1	576,1	715,7455	4800	5964
7	Pemanas	HE-02	1	576,1	715,7455	2400	2982
8	Pendingin	CL-01	1	576,1	715,7455	600	745
9	Pendingin	CL-02	1	576,1	715,7455	1100	1367
10	Pompa	P-01	1	576,1	715,7455	7500	9318
12	Pompa	P-02	1	576,1	715,7455	3200	3976
13	Pompa	P-03	1	576,1	715,7455	3200	3976
14	Pompa	P-04	1	576,1	715,7455	3200	3976
15	Reaktor	R-01	1	576,1	715,7455	3900	4845
16	Separator	SP-01	1	576,1	715,7455	5600	6957
17	Separator	SP-02	1	576,1	715,7455	5600	6957
18	Tangki	T-01	1	576,1	715,7455	213000	264631
19	Tangki	T-02	1	576,1	715,7455	517000	642320
20	Tangki	T-03	1	576,1	715,7455	448500	557216
21	Vaporizer	VP-01	1	576,1	715,7455	1600	1988
22	WHB	WHB-01	1	576,1	715,7455	64000	79513
Harga alat total						1945000	2416464

Table 6. 3 Harga Alat Utilitas Pada Tahun Evaluasi

No	Nama alat	Kode	Ha Crga/m2 atau satuan	Luas m2	Biaya Rp
1	Bak pengendapan	BP	3.500.000	99,95694799	349.849.000
2	Bak pencampur cepat	RMT	2.300.000	0,964581782	2.219.000
3	Clarifier	Cl-01	2.300.000	20,15358643	46.353.000
4	Saringan pasir	SF-01	2.300.000	2,09702177	4.823.000

5	Bak air bersih	BAB	600.000	55,6802144	33.408.000
6	Bak air minum	BAM	600.000	73,21	43.926.000
7	Coolinf Tower	CT	2.000.000	271,152686	542.305.000
Sub Total					1.022.883.000

Table 6. 4 Harga Alat Utilitas

No	Nama alat	Kode	Harga satuan	Jumlah	Biaya Rp
1.	Pompa	PU-01	72.563.000	2	145.126.000
2.	Pompa	PU-02	72.563.000	2	145.126.000
3.	Pompa	PU-03	72.563.000	2	145.126.000
5.	Pompa	PU-04	87.750.000	2	175.500.000
6.	Pompa	PU-05	143.438.000	2	286.876.000
7.	Pompa	PU-06	72.563.000	2	145.126.000
8.	Kompresor udara	KU	904.500.000	2	1.809.000.000
9.	Tangki Silika	Ts	54.000.000	2	108.000.000
10.	Tangki udara	Tu	92.813.000	2	185.626.000
11.	Tangki T-NaCl	T-NaCl	6.750.000	2	13.500.000
12.	Tangki CH3OH	T-CH3OH	30.375.000	2	60.750.000
Sub Total					3.219.756.000

Table 6. 5 Harga Alat Utilitas

No	Nama alat	Kode	Jumlah	NY	NX	EY	EX
				2014	2029	2014	2029
1	Generator	G	1	576,1	715,7455	4.000	4.970
3	Penukar kation	TK-01	2	576,1	715,7455	6.600	16.399,654
4	Penukar anion	TA-01	2	576,1	715,7455	10.500	26.090,358
13	Tangki umpan boiler	BFW	1	576,1	715,7455	12.500	15.529,975
14	Tangki kondensat	T-cond	1	576,1	715,7455	13.800	17.145,093
15	Unit dowthrem	Dow	1	576,1	715,7455	100.000	124.239,802
16	Unit Refrigerasi	UNIT RF	1	576,1	715,7455	157.853	196.116,255
Harga alat total						305.253	400.491

6.2 Dasar Perhitungan

- Kapasitas Produksi = 40.000 ton/tahun
- Satu Tahun Operasi = 330 hari
- Tahun Pendirian Pabrik = 2029
- Upah Buru Asing = US \$20/*man.hour*

e. Upah Buru Indonesia = Rp. 15.000,-/man.hour

f. Kurs Ruoiiah Tahun 2025 = 1 US \$ = Rp.16.875

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Capital Invesment (Modal)

Capital Investment merupakan keseluruhan dana yang diperlukan untuk membangun suatu fasilitas pabrik beserta seluruh perlengkapan yang mendukung operasionalnya. Biaya ini mencakup pengeluaran yang dibutuhkan sejak tahap Pembangunan hingga pabrik siap dijalankan secara penuh. *Capital Investment* antara lain Adalah :

- a. *Fixed Capital Investment*, merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang ada dalam pabrik.

Table 6. 6 Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Invesment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Delivered Equipment Cost</i>	3.383.050	815.557.000
2	Instalasi alat	273.544	1.148.291.100
3	Pemipaan	8.941	21.308.877.000
4	Instrumentasi	290.700	107.663.000
5	Isolasi	73.701	179.418.000
6	Instalasi listrik	-	61.167.000
7	Bangunan	-	117.755.926.000
8	<i>Land and Yard Improvemen</i>	-	123.801.153.292
9	Utilitas	561.969	5.123.138.000
Total		4.591.905	270.301.190.392

Table 6. 7 Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Invesment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	4.591.905	270.301.190.392
2	<i>Engineering and Construction</i>	918.381,00	54.060.238,00
Total		5.510.285,88	270.355.250.630,00

Table 6. 8 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Type of Capital Invesment	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	5.510.285,88	270.355.250.630,00
2	<i>Untractor Fee</i>	275.514,00	13.517.763,00
3	Biaya tak terduga	826.543,00	40.553.288.000,00
Total		6.612.342,88	310.922.056.393,00

Total Investasi Modal Tetap (Rp) = 422.505.342.393,00

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment merupakan dana yang disiapkan untuk memastikan kelancaran operasional pabrik selama periode tertentu. Pendanaan dapat berasal dari pinjaman bank, modal pribadi, atau kerja sama dengan investor. Tujuan utama investasi ini adalah memperoleh keuntungan dari modal yang ditanamkan serta menjaga keberlangsungan aktivitas produksi.

Table 6. 9 Working Capital (WC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material Inventory	-	2.291.049.000,00
2	In Process Inventory	1.809,00	232.421.000,00
3	Product Inventory	99.516,00	31.098.193.000,00
4	Extended Credit	199.032,00	25.566.285.000,00
5	Available Cash	99.516,00	12.783.142.000,00
Biaya Pengolahan		399.873,00	71.971.090.000,00

Total Investasi Modal Kerja (Rp) = 78.178.947.000.000

6.3.2 *Manufacturing Cost (Biaya Produksi)*

Manufacturing Cost merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama proses produksi suatu produk. Biaya ini mencakup berbagai pengeluaran yang berhubungan langsung dengan kegiatan operasional, mulai dari biaya langsung (*direct cost*), biaya tidak langsung (*indirect cost*), hingga biaya tetap (*fixed cost*). Seluruh komponen tersebut menjadi bagian dari total pengeluaran yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan secara optimal. *Manufacturing cost* meliputi :

a. Direct Manufacturing Cost

Direct Manufacturing Cost atau biaya langsung, yaitu pengeluaran yang dapat dihibungkan secara jelas dengan produk yang dihasilkan. Besarnya biaya ini umumnya berfluktuatif mengikuti tingkat produksi.

Table 6. 10 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Raw Material	-	27.492.582.806,11
2	Labor	-	18.702.000.000,00
3	Supervisor	-	2.805.300.000,00
4	Maintenance	462.864,00	21.768.735.000,00
5	Plant Supplies	69.430,00	3.265.310.000,00
6	Royalties and Patents	-	28.564.000,00
7	Utilities	-	6.717.925.000,00
Total		532.294,00	80.782.071.806,11

Total Direct Manufacturing Cost (Rp) = 81.088.353.806,11

b. Indirect Manufacturing Cost

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung, yakni pengeluaran yang turut menunjang proses produksi namun tidak dapat dikaitkan dengan satu jenis produk tertentu. Biaya ini biasanya mencakup kebutuhan yang mendukung operasi pabrik secara keseluruhan.

Table 6. 11 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)
1	Payroll Overhead	3.740.400.000,00
2	Laboratory	3.740.400.000,00
3	Plant Overhead	18.702.000.000,00
4	Packaging	5.661.290.000,00
5	Shipping	9.600.000.000,00
Total		41.444.090.000,00

c. Fixed Manufacturing Cost

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap merupakan pengeluaran yang nilainya cenderung stabil dalam jangka waktu tertentu. Biaya ini tetap harus dikeluarkan meskipun tingkat produksi mengalami perubahan.

Table 6. 12 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depresiasi (Depreciation)	661.234,00	31.098.193.000,00
2	Pajak Kekayaan (Property Tax)	-	42.256.000,00
3	Asuransi (Insurance)	661,00	31.098.000,00
Total		661.895,00	31.1717.547.000,00

Total Fixed Manufacturing Cost (Rp) = 31.552.401.000,00

Table 6. 13 Total Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	532.294,00	80.782.071.806,11
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	-	41.444.090.000,00
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	661.895,00	31.171.547.000,00
Total Manufacturing Cost (MC)		1.194.189,00	178.195.883.806,11

Total Manufacturing Cost (Rp) = 154.084.844.806,113

6.3.3 Geberal Expense (Pengeluaran Umum)

General Expenses atau pengeluaran umum mencakup seluruh biaya yang berkaitan dengan kegiatan perusahaan secara keseluruhan namun tidak termasuk dalam katogeri *manufacturing cost*. Pengeluaran ini meliputi berbagai kebutuhan yang mendukung fungsi dan keberlangsungan operasional perusahaan di luar proses produksi. Biaya tersebut dikeluarkan agar seluruh aktivitas perusahaan dapat berjalan dengan tertib dan efesien, baik dalam aspek administratif, managerial, maupun operasional pendukung lainnya.

Table 6. 14 General Expense

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Administration	-	8.491.935.300,00
2	Sales Expense	-	56.613.000,00

3	Research	-	70.766.000,00
4	Finance	2.104,00	478.691.000,00
Total		2.104,00	9.186.741.960,00

Total Fixed General Expense (Rp) = 9.099.103.300,00

Table 6. 15 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Manufacturing Cost	1.194.189,00	153.397.708.806,11
2	General Expense	2.104,00	9.098.005.300,00
Total		1.196.293,00	187.382.625.766,11

Total Production Cost (Rp) = 182.683.158.106,11

6.4 Analisa Kelayakan

6.4.1 Percent Return On Investment (ROI)

Return On Investment (ROI) digunakan untuk menilai potensi keuntungan yang dihasilkan dari total dana yang diinvestasikan dalam suatu proyek. Nilai ROI memberikan Gambaran umum tentang efisiensi investasi dan membantu memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal. Dalam industri Teknik kimia, ROI sering digunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan suatu proyek, karena dapat menentukan apakah kegiatan produksi akan menghasilkan hasil yang sepadan dengan biaya yang dikeluarkan.

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

Profit = Sales Price – Total Product Cost

Pajak = 22%

Profit before taxes = Rp. 100.381.351.893,89

Profit after taxes = Rp. 78.297.454.893,89

$$\text{ROI}_{\text{before taxes}} = 23,76\%$$

$$\text{ROI}_{\text{after taxes}} = 18,53 \%$$

6.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) memberikan Gambaran tentang jangka waktu yang diperlukan untuk menutup seluruh biaya investasi awal melalui keuntungan bersih yang diperoleh setiap tahunnya. Nilai POT yang rendah biasanya menunjukkan bahwa investasi tersebut dapat Kembali dalam waktu yang singkat, sehingga peroyek menjadi lebih menarik dari sisi finansial. Pabrik dengan resiko rendah memiliki nilai POT maksimal 5 tahun, dan pabrik dengan resiko tinggi memiliki POT maksimal 2 tahun.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investmen (FCI)}}{(\text{Profit} + \text{Despresiasi})}$$

$$\text{POT}_{\text{before taxes}} = 1,3 \text{ Tahun}$$

$$\text{POT}_{\text{after taxes}} = 1,4 \text{ Tahun}$$

6.4.3 Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) menunjukkan titik keseimbangan antara total biaya dan total pendapatan. Pada kondisi ini, aktivitas produksi berada pada posisi netral, artinya tidak menghasilkan laba maupun rugi. BEP digunakan untuk menentukan kapasitas produksi minimum yang diperlukan agar operasional pabrik dapat menutupi seluruh biaya.

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

Dimana :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra : Annual Regulated Expenses Expenses pada produksi maksimum

Va : Annual Variable Value pada produksi minimum

Sa : Annual Sales Value pada produksi minimum

Table 6. 16 Fixed Manufacturing Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Depreciation	661.234,00	31.098.193.000,00
2	Property Taxes	-	42.256.000,00
3	Insurance	661,00	31.098.000,00
Total		661.895,00	31.171.547.000,00

Total Fixed Manufacturing Cost (Rp) = 42.341.025.000,00

Table 6. 17 Annual Regulated (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)
1	Raw Materi	27.492.582.806,11
2	Packaging	5.661.290.000,00
3	Utilities	6.719.838.000,00
4	Shipping	9.600.000.000,00
5	Royalties and Patents	28.306.000,00
Total Variable Cost (Va)		49.502.016.806,11

Table 6. 18 Regulated Manufacturing Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (\$)	Harga (Rp)
1	Buruh	-	18.702.000.000,00
2	Payroll Overhead	-	3.740.400.000,00
3	Plant Overhead	-	18.702.000.000,00
4	Supervisi	-	2.805.300.000,00
5	Laboratorium	-	3.740.400.000,00
6	General Expenses	2.104,00	9.098.005.300,00
7	Pemeliharaan alat	462.864,00	21.768.735.000,00
8	Persediaan alat	69.430,00	3.265.310.000,00
Total		534.398,00	81.822.150.300,00

Total Regulated Manufacturing Cost (Rp) = 90.840.116.300,00

Berdasarkan perhitungan, didapatkan BEP = 41%

6.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan batas paling rendah kapasitas produksi yang masih memungkinkan kegiatan pabrik berlangsung tanpa mengalami kerugian operasional. Apabila kapasitas produksi turun di bawah titik ini, maka pendapatan yang diperoleh tidak lagi cukup untuk menutupi biaya variable, sehingga operasional pabrik menjadi tidak ekonomis.

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

$$SDP = 16 \%$$

6.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) digunakan untuk menilai tingkat keuntungan investasi dengan mempertimbangkan nilai waktu dari uang. Artinya, perhitungan ini tidak hanya melihat besar keuntungan secara nominal, tetapi juga memperhitungkan perubahan nilai uang dari waktu ke waktu akibat faktor bunga atau inflasi.

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

Dimana :

n = Umur Pabrik

FC = Fixed Capital

WC = Working Capital

SV = Salvage Value

C = Cash Flow

I = Nilai DCFRR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

n = 10 tahun

FC = 42.341.025.000,00

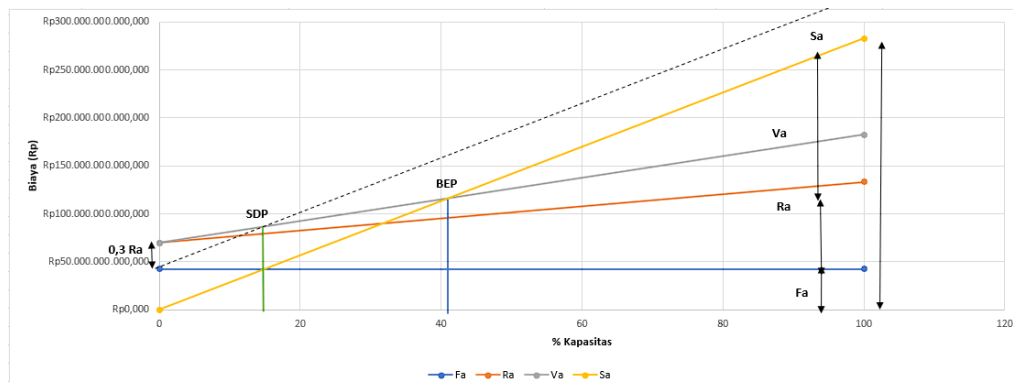
WC = 71.971.090.000

SV = 241.557.079.292

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung DCFR Adalah :

I = 14%

Dengan beberapa Analisa ekonomi, didapatkan grafik evaluasi sebagai berikut :



Gambar 6. 2 Grafik Analisi Kelayakan

6.5 Analisa Resiko Pabrik

Table 6. 19 Analisa Resiko Pada Pabrik

No.	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu operasi maksimum yang diterapkan adalah 250°C.		✓
		Tekanan operasi maksimum yang digunakan adalah sebesar 7 atm.		✓
2	Bahan baku yang digunakan : Vinil Aldehid	Akrolein merupakan cairan tak berwarna yang mudah menguap dan sangat reaktif. Senyawa ini bersifat toksik, mudah terbakar, dan menyebabkan iritasi pada mata serta saluran pernapasan. Paparan uap akrolein dapat menimbulkan gangguan kesehatan serius.		✓
3	Produk yang di hasilkan : Asam Vinil Formiat	Produk utama bersifat mudah terurai dan reaktif terhadap air serta panas, sehingga perlu disimpan pada suhu rendah dan dalam wadah tertutup rapat. Kontak dengan udara dapat menyebabkan polimerisasi spontan yang menimbulkan tekanan dalam tangki.		✓
		Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKESK/II/2002, ditetapkan ketentuan mengenai baku mutu udara ambien serta batas maksimum kandungan zat kimia berbahaya di udara, termasuk senyawa akrolein dan hasil oksidasinya. Selain itu, Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Kep-51/MEN/1999 juga mengatur nilai ambang batas paparan pekerja (Occupational Exposure Limit/OEL) terhadap berbagai senyawa kimia di lingkungan kerja, seperti akrolein, formaldehida, dan karbon dioksida.		

No.	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
4	Regulasi Pemerintah	Nilai baku mutu emisi atau nilai ambang batas (NAB) yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut: CO₂ = 9000 mg/m³ Akrolein = 0,1 mg/m³ Formaldehida = 0,37 mg/m³ Hasil emisi yang dihasilkan dari rancangan pabrik asam vinil formiat menunjukkan nilai sebagai berikut: CO₂ = 64,5 mg/m³ Akrolein = 0,02 mg/m³ Formaldehida = 0,18 mg/m³		✓
5	Keberadaan pabrik	Pemilihan lokasi yang berdekatan dengan sumber air dan jalur transportasi memudahkan operasional, namun meningkatkan risiko pencemaran lingkungan jika terjadi kebocoran bahan kimia ke sungai atau tanah.		✓

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pra-perancangan pabrik Asam Vinil Formiat yang menggunakan bahan baku vinil aldehid dan udara melalui proses oksidasi dengan kapasitas produksi sebesar 40.000 ton per tahun, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tinggi nya akan permintaan asam vinil formiat untuk kebutuhan sektor industri cat, perekat, pelapis dan lainnya, menjadi alasan berdirinya pabrik asam vinil formiat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Selama ini, pemenuhan kebutuhan asam benzoat di Indonesia masih bergantung pada impor. Oleh karena itu, pendirian pabrik ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk impor sekaligus meningkatkan kemandirian industri nasional.
2. Pabrik akan didirikan di Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur tepat di samping Sungai porong dengan jumlah karyawan sebanyak 165 orang dan waktu operasi selama 330 hari/tahun.
3. Menggunakan metode oksidasi sebagai proses produksinya karena menghasilkan produk dengan kemurnian 99%
4. Pabrik bersifat high risk arena kategori bahan baku dan kondisi operasi yang tinggi.
5. Berdasarkan hasil Analisa ekonomi memiliki keuntungan bersih sebesar Rp 78.297.454.894.

Secara keseluruhan pabrik asam vinil formiat dengan kapastitas 40.000 ton/tahun memiliki potensi untuk ditinjau lebih lanjut dan Pembangunan lebih lanjut.

7.2 Saran

- a. Perlunya penerapan system pengawasan dan keamanan yang ketat pada pabrik asam vinil formiat, karena beroperasi dengan bahan baku yang berbahaya dan kondisi operasi proses yang tinggi.
- b. Disarankan untuk system pengolahan limbah yang efisien dan bersih agar limbah atau sisa bahan baku tidak mencemari lingkungan sekitar dan berdampak ke pemukiman sekitar.
- c. Menjaga kualitas dan jumlah produksi produk agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan bersaing dengan produk lain di pasar ekspor sebagai salah satu komoditas kimia nasional

DAFTAR PUSTAKA

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process equipment design. New York: McGraw Hill.

Buthod, P., & Megyesy, E. F. (1997). Pressure vessel handbook (10th ed.).

Pressure Vessel Publishing, Inc.

Coker, A. K. (2007). Ludwig's applied process design for chemical and

petrochemical plants, volume 1 (4th ed.). Gulf Professional Publishing is

an imprint of Elsevier.

Coker, A. K. (2010). Ludwig's applied process design for chemical and

petrochemical plants, volume 2 (4th ed.). Gulf Professional Publishing is

an imprint of Elsevier.

Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). Chemical engineering, volume 1:

Fluid flow, heat transfer and mass transfer (6th ed.). Butterworth-

Heinemann.

Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). Chemical engineering design, volume

6 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier Science.

Kern, D. Q. (1983). Process heat transfer: International student edition. McGraw-

Hill International Book Company.

Krik, R., & Othmer, D. F. (1991). Encyclopedia of Chemical Technology. John

Wiley & Sons.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). Unit operations of chemical engineering (5th ed.). McGraw-Hill, Inc.

MSDS (Material Safety Data Sheet). Toluene. Retrieved from [MSDS database].

Powell, S. T. (1954). Water conditioning for industry (1st ed.). McGraw-Hill Book Company.

Perry, R. H., & Green, D. W. (Eds.). (Seventh edition). Perry's chemical engineers' handbook. McGraw-Hill.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (2003). Plant Design and Economics for Chemical Engineers (5th ed.). McGraw-Hill.

Sinnott, R. K. (2005). Chemical engineering design, volume 6 (4th ed.). Elsevier Butterworth-Heinemann.

Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (2018). Introduction to chemical engineering thermodynamics (8th ed.). McGraw-Hill Education.

Speight, J. G. 2019. Handbook of petrochemical processes. Taylor and Francis Group.

Towler, G., & Sinnott, R. (2008). Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design. Butterworth-

Heinemann is an imprint of Elsevier.

Towler, G., & Sinnott, R. (2018). Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design. Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier.

Traybal, R. E. (1981). Mass transfer operations (ed. 3). McGraw-Hill Book Company.

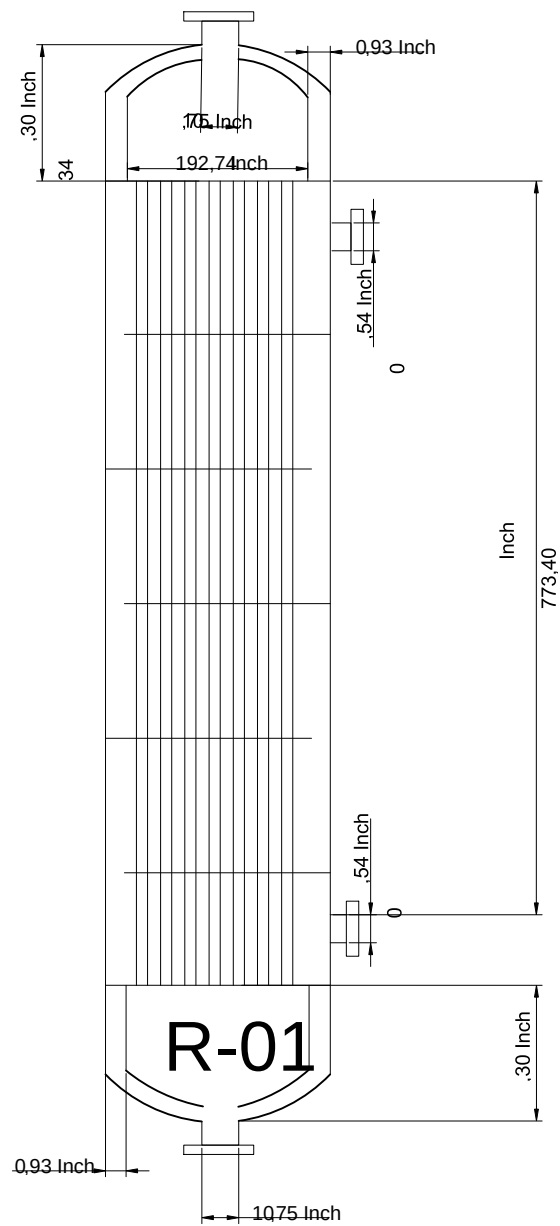
Vicente, B., Nori, M., & Fogler, H. S. (2006). Elements of chemical reaction engineering (4th ed.). Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical

Vilbrandt, F. C. (1942). Chemical engineering plant design (2nd ed., 8th impression). McGraw-Hill Book Company, Inc.

Yaws, C. L. (Tahun terbit). Chemical properties handbook: Physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health-related properties for organic and inorganic chemicals.

Kampe, P., Giebeler, L., Samuelis, D., Kunert, J., Drochner, A., Haß, F., Adams, A. H., Ott, J., Endres, S., Schimanke, G., Buhrmester, T., Martin, M., Fuess, H., & Vogel, H. (2007). *Heterogeneously catalysed partial oxidation of acrolein to acrylic acid—structure, function and dynamics of the V–Mo–W mixed oxides. Physical Chemistry Chemical Physics*, 9(25), 3577–3589.

Reaktor Fixed Bed Multitube



136

Kode : R-01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi oksidasi vinil aldehid menjadi asam
vonil formiat

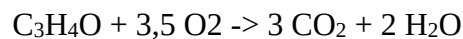
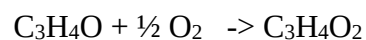
Jenis : Fixed Bed Multitube

Kondisi Operasi : T = 250°C

P = 7 Atm

Konversi = 99%

Reaksi =



A. Menentukan Jenis Reaktor

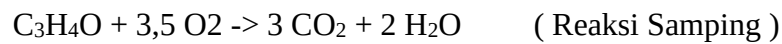
Reaktor yang dipilih adalah jenis *fixed bed multitube* dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Menggunakan katalis berupa padatan dengan reaksi yang bersifat gas
2. Memiliki kapasitas dan skala operasi yang sesuai dengan kebutuhan
3. Umur penggunaan katalis mencapai 1 tahun
4. Sifat reaksi berupa eksotermis, desain reaktor memungkinkan luas permukaan perpindahan panas besar
5. Efisien secara ekonomi

6. Lebih aman dari resiko ledakan dibanding reaktor lain
7. Pengendalian suhu reaksi yang presisi

B. Menyusun Persamaan Laju Reaksi Overall

Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



$$-r_A = k_0 \exp \left[\frac{-E_0}{RT} \right] \frac{F_{A0}(1-X)}{F_{T0}} P$$

Keterangan :

$(-r_A)$: Laju reaksi, kmol

K_0 : $31,6 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

E_0 : 119 kJ/kmol

T : Suhu, K

$P_{\text{vinil aldehid}}$: Tekanan parsial, vinil atm

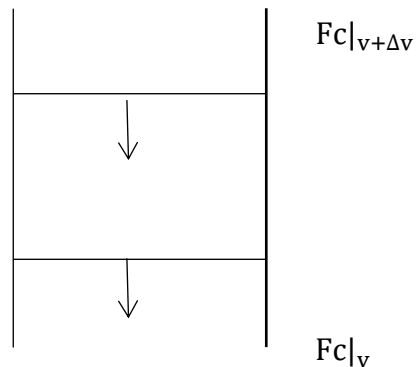
R : Konstanta gas ideal = $0,08206 \text{ atm.m}^3/\text{kmol.K}$

C. Persamaan-Persamaan Matematis Reaktor

1. Neraca massa gas pada elemen volume setebal ΔV pada kondisi *steady* :

a. Neraca massa untuk asam vinil formiat dalam elemen volume Δv

Kecepatan massa $C_3H_4O_2$ masuk - Kecepatan massa $C_3H_4O_2$ keluar + $C_3H_4O_2$ yang terbentuk dalam sistem = Akumulasi



Keterangan :

rc : Kecepatan mol $C_3H_4O_2$ yang terbentuk di dalam

id : diameter dalam pipa (m)

F_c : Kecepatan mol $C_3H_4O_2$ (kmol/s)

$$F_c|_v - F_c|_{v+\Delta v} + (-rc_1)\Delta v = 0$$

$$F_c|_v - F_c|_{v+\Delta v} = -(-rc_1)\Delta v$$

$$-dF_c/dv = -(-rc_1)$$

$$v = \pi \cdot id^2 / 4 \cdot z$$

$$dF_c = F_{a0} x_1$$

Asam vinil formiat masuk reaktor (kmol/s)

X_1 : Konversi reaksi C_3H_4O menjadi $C_3H_4O_2$

Persamaan di atas disubstitusi sehingga diperoleh :

$$dx_1 dz / = -r_1(\pi Id^2 / 4) Fa_0 \dots\dots\dots(1)$$

b. Neraca masa untuk karbondioksida dalam volume

Kecepatan massa CO₂ masuk - Kecepatan massa CO₂ keluar + CO₂ yang terbentuk dalam sistem = Akumulasi

$$Fc|_v - Fc|_{v+\Delta v} + (-rc_2)\Delta v = 0$$

$$Fc|_v - Fc|_{v+\Delta v} = -(-rc_2)\Delta v$$

$$-dFc/dv = -(-rc_2)$$

$$v = \pi. Id^2 / 4. z$$

$$dFc = Fa_0 x_2$$

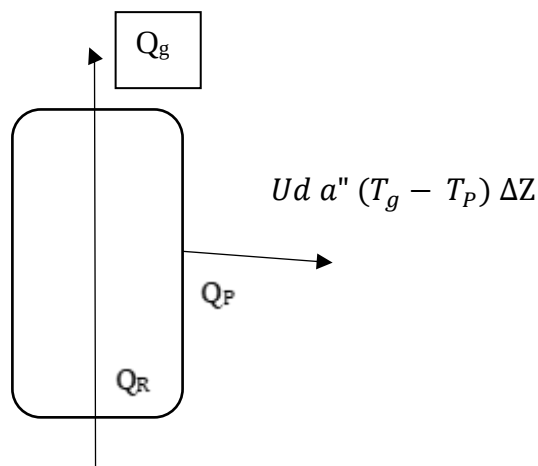
CO₂ masuk reaktor [kmol/s]

X₂ : Konversi reaksi C₃H₄O menjadi CO₂

Substitusi ke persamaan diatas, diperoleh :

$$dx_2/dz = -r_2(\pi Id^2 / 4) / Fa_0 \dots\dots\dots(2)$$

2. Neraca Panas pada elemen volume (sisi tube) setebal ΔZ pada kondisi steady



Keterangan :

Ud : Koefisien transfer panas [kJ / m² s K] a" : Luas

permukaan luar tabung [m² /m]

Tg :Suhu reaktor [K] Tp : Suhu pendingin [K]

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

QR = panas reaksi

Qp = panas yang dibuang, ada pendinginan

Heat of input – Heat of output + Heat of generation – Heat transfer = Acc

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

$$Qr = (-r_a) \cdot \Delta h_{ra} (\pi \cdot Id^2/4) \cdot \Delta z$$

(-rc) = Kecepatan reaksi C₃H₄O menjadi C₃H₄O₂ monomer [kmol/ kgcat.s]

Δhrc = Enthalpy reaksi ke 1 [kJ /kmol]

Diambil limit Δz → 0, diperoleh:

$$\lim \frac{Qg|_z - Qg|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (r_2) \Delta h_{r2}] \pi Id^2/4 + (\pi Od)(Tg - Tp)$$

$$-dQg/dz = -[(-r_1) \Delta h_{r1} - (r_2) \Delta h_{r2}] (\pi Id^2/4) - Ud (\pi Od)(Tg - Tp)$$

$$Qg = \sum f_{gi} c_{pgi} (Tg - T_{reff})$$

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

Tg : suhu gas [K]

Treff : Suhu referensi [K]

$$\frac{dQ_g}{dz} = \sum f_{gi} c_{pgi} \frac{dT_g}{dz} + (T_g - T_{reff}) \frac{d \sum F_{gi} c_{pg}}{dz}$$

Bila $\sum F_{gi} c_{pgi}$ dianggap tetap , maka persamaan neraca panas

$$dT_g/dz = \frac{[(-r_1) \Delta h_{r1} - (r_2) \Delta h_{r2}] \pi l d^2 / 4 - (\pi O d)(T_g - T_p)}{f_i c_{pi}} \dots\dots\dots(3)$$

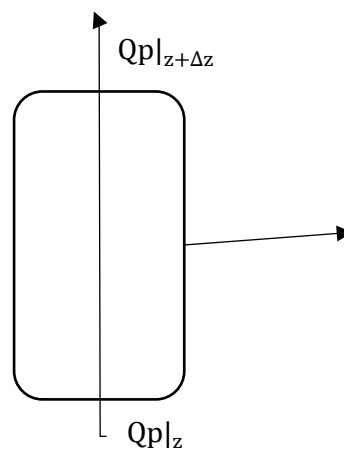
Table Lampiran A. 1 Input Output

Senyawa	Input (Kg/Jam)
Nitrogen	34374,61
Oksigen	10442,92
Karbondioksida	0,00
Asam Vinil Formiat	0,00
Vinil Aldehid	4568,78
Air	1314,36
Total	50700,67

Senyawa	Output (Kg/jam)
Nitrogen	34374,61
Oksigen	10442,92
Karbondioksida	0,00
Asam Vinil Formiat	0,00
Vinil Aldehid	4568,78
Air	1314,36
Total	50700,67

3. Neraca panas untuk media pendingin pada elemen volume (sisi *shell*) setebal Δv pada kondisi *steady*

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



Keterangan :

cpp : kapasitas panas media pendingin (kj/kg K) fmassp

: kecepatan massa media pendingin (kg/s)

Od : Diameter luar pipa (m)

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

Tg : Suhu gas (K)

Tp : Suhu pendingin (K)

Treff : Suhu referensi (K)

Ud : Koefisien perpindahan kalor (kj/ m²sK)

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

pada keadaan tunak, akumulasi = 0

$$Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z} + U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p) \Delta z = 0$$

$$\lim_{\Delta z} \frac{Q_p|_z - Q_p|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)$$

$$-\frac{dQ_p}{dz} = -U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)$$

$$Q_p = f_{\text{massp}} c_{\text{pp}} (T_p - T_{\text{reff}})$$

$$\frac{d f_{\text{massp}} c_{\text{pp}} (T_p - T_{\text{reff}})}{dz} = U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{U_d \pi O_d n_{\text{pipa}} (T_g - T_p)}{f_{\text{massp}} c_{\text{pp}}} \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan penurunan tekanan dihitung dengan persamaan Tallmagade (Bird, R.B.,

“Transport Phenomena”, ed 2, halaman 191)

$$\frac{dP_t}{dz} = \left[150 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1-\varepsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{G p^2}{\rho D p} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan hubungan :

D_p : Diameter katalis [m]

G_p : Flux massa [kg/m²s]

Re_p : Bilangan Reynold

P_t : Tekanan [Pa]

ϵ : Porositas katalis

P : Rapat massa gas [kg/m³]

Dari permodelan matematis diatas diperoleh persamaan persmaan :

$$dx_1/dz = -r_1(\pi Id^2/4)/ FaO \dots\dots\dots (1)$$

$$dx_2/dz = -r_2(\pi Id^2/4)/ FaO \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{dT_g}{dz} = \frac{[(-r_1) \Delta hr_1 + (-r_2) \Delta hr_2] \pi Id^2/4 - \pi Od (T_g - T_p)}{\sum f_i c_{pgi}}$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{Ud \pi Od n_{pipa} (T_g - T_p)}{f_{massp} c_{pp}}$$

$$\frac{dP_t}{dz} = \left[150 \left(\frac{1 - \epsilon}{Re_p} \right) + 4.2 \left(\frac{1 - \epsilon}{Re_p} \right)^{1/6} \right] \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \right) \frac{G_p^2}{\rho D_p}$$

Merupakan persamaan differensial biasa order 1 yang dapat diselesaikan secara **simultan**.

4. Pressure Drop

Dalam pipa = penurunan tekanan dalam pipa berisi katalisator (*Fixed bed*) digunakan persamaan Ergun 11.6 (Fogler chapter 11 hal 492 “*Chemical Reaktor Design For Process*”).

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{Gt}{\rho_g \cdot g \cdot Dp} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \left[\frac{150 (1-\varepsilon) \mu}{Dp} + 1,75 \cdot Gt \right] \quad (4)$$

Dimana :

G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm³

P = Densitas gas, gr/cm³

Dp = Densitas partikel katalisator, cm

G = Gaya Gravitasi, cm/det²

ε = Porosity tumpukan katalisator

μ = Viskositas gas, gr/cm jam

D. Spesifikasi Katalis

Pada reactor menggunakan katalis jenis *Molybdenum Oxide* (MoO₃) dengan spesifikasi berikut :

- Wujud : Padat
- Bentuk : Butiran
- Diameter : 0,005 m
- *Bulk Density* (ρ_b) : 1,45 g/m³
- *Porosity* (ε) : 0,6

E. Menentukan jenis Pendingin

Pendingin yang dipakai adalah Dowtherm A yang stabil pada suhu 155-255 °C.

Komposisi Dowtherm A : -73,5 % Diphenyl Oxyde

-26,5 % Diphenyl

Pada reactor, Dowtherm suhu input sebesar 240 °C dan suhu keluarnya sebesar

244 °C. Suhu input sangat besar dikarenakan agar dapat menjaga nilai konversi

tetap tinggi, bila suhu lebih rendah konversi yang dihasilkan akan sangat kecil.

Setelah digunakan dowtherm akan didinginkan kembali di unit utilitas.

Sifat-sifat fisis Dowtherm A (T dalam K) dari Hydrocarbon Processing.

$$C_p = 0.1152 + 0.0003402 T \text{ cal/gr.K}$$

$$\rho = 1.3644 - 9.7073 \cdot 10^{-4} T \text{ g/cm}^3$$

$$\mu = 35.5898 - 6.04212 T \text{ (g/cm.J)}$$

$$k = 1.512 - 0.0010387 T \text{ cal/g.cm.K}$$

F. Data Fisis Bahan

Kondisi campuran gas yang bereaksi di dalam reaktor mengalami perubahan sepanjang increment panjang reaktor. Untuk menghitung perubahan ini, digunakan persamaan:

1. Menghitung Berat Molekul (BM)

$$\text{BM campuran} = \sum (\text{BM}_i \cdot y_i)$$

BM_i : Berat molekul komponen i, kg/mol

Y_i : fraksi mol komponen i

Table Lampiran A. 2 Data Berat Molekul Tiap Komponen

Komponen	BM
Nitrogen	28
Oksigen	32
Karbon Dioksida	44
Asam Vinil Formiat	72
Vinil Aldehid	56
Water	18

(Yaws, 1999)

2. Menghitung Kapasitas Panas (Cp)

Kapasitas panas gas dihitung dengan menggunakan persamaan dari (Yaws, 1999), sebagai berikut :

$$C_{pi} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$C_P \text{ campuran} = \sum(C_{pi} \cdot y_i)$$

$$A, B, C, D, E = \text{konstanta (Yaws, 1999)}$$

$$T = \text{temperatur, K}$$

$$C_{pi} = \text{kapasitas panas komponen i, kJ/kmol K}$$

$$y_i = \text{fraksi mol komponen}$$

Table Lampiran A. 3 Data konstanta Kapasitas Panas Gas Tiap Komponen

Komponen	A	B	C	D	E
Nitrogen	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
Oksigen	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
Karbon Dioksida	27,437	4,23E-02	-2,00E-04	4,00E-09	-2,99E-13
Asam Vinil Formiat	-19,25	4,18E-01	-4,21E-04	2,26E-07	-4,78E-11
Vinil Aldehid	109,243	-5,10E-01	1,71E-03	-1,81E-06	6,60E-10
Water	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

(Yaws, 1999)

3. Menghitung Viskositas (μ)

Viskositas gas juga dihitung dari persamaan yaws (1999), yaitu:

$$\mu_i = A + B + CT^2$$

$$\mu \text{ campuran} = \frac{1}{\sum(x_i/\mu_i)}$$

$$A, B, C : \text{konstanta (Yaws, 1999)}$$

$$T : \text{Temperatur, K}$$

$$\mu_i : \text{Viskositas komponen i, micropoise}$$

x_i : fraksi massa komponen i

Table Lampiran A. 4 Data Viskositas Tiap Komponen

Komponen	A	B	C
Nitrogen	42,606	4,75E-01	-9,88E-05
Oksigen	44,224	5,62E-01	-1,13E-04
Karbon Dioksida	11,336	4,99E-01	-1,09E-04
Asam Vinil Formiat	-9,585	3,48E-01	-5,48E-05
Vinil Aldehid	-16,91	3,22E-01	-5,26E-05
Water	-37	4,29E-01	-3,28E-05

(Yaws,1999)

G. Dimensi Reaktor

1. Menentukan Jenis Ukuran dan Susunan Tube

Diameter pipa reaktor dipilih agar perpindahan panas dapat berlangsung secara optimal. Karena reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, aliran gas dalam pipa dirancang berada dalam kondisi turbulen untuk meningkatkan koefisien perpindahan panas. Pengaruh rasio antara diameter partikel katalisator (D_p) terhadap diameter pipa (D_t) terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang terisi butiran katalis (h_w) dibandingkan dengan pipa kosong (h) telah diteliti oleh Colburn (Smith, halaman 571), dengan hubungan yang dinyatakan sebagai:

Table Lampiran A. 5 Diameter

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

(Smith, *Chem Kinetik Eng*, P.571)

Dipilih $D_p/D_t = 0,15$

Dimana :

h_w = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h = koefisien transfer panas pada pipa kosong

D_p = rasio diameter katalis

D_t = diameter pipa

Sehingga :

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_p = 0,3 \text{ in}$$

$$D_t = 0,3 / 0,15 = 2$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh, dipilih ukuran pipa standar untuk memastikan koefisien perpindahan panas yang optimal.

Dari table 11 *Keren* dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Nominal pipe size (NPS) = 2 in
- Diameter dalam tabung (IDt) = 2,06 in
- Diameter luar tabung (ODT) = 2,37 in
- Panjang pipa (L) = 5,45 m
- *Flow area* per pipa = 3,29 in
- Susunan tube = *triangular pitch*

$$P_T(\text{Pitch}) : 1,25 \cdot ODT \quad (\text{Kern}, 1965)$$

$$C(\text{Clearance}) : P_T - ODT \quad (\text{Kern}, 1965)$$

Susunan *tube* yang dipilih adalah *triangular pitch*, dengan alasan :

- a. Tingkat turbulensi pada susunan pipa berbentuk segitiga sama sisi lebih tinggi dibandingkan dengan susunan pipa berbentuk persegi. Kondisi ini disebabkan oleh pola aliran fluida di antara pipa-pipa yang saling berdekatan. Pada susunan segitiga sama sisi, aliran fluida secara

langsung mengenai pipa-pipa di baris berikutnya, sehingga menghasilkan turbulensi yang lebih kuat.

- b. Koefisien perpindahan panas konveksi (h) pada susunan pipa dengan konfigurasi segitiga diketahui sekitar 25% lebih tinggi dibandingkan dengan susunan persegi. Peningkatan ini disebabkan oleh pola aliran fluida pada susunan segitiga yang menghasilkan tingkat turbulensi lebih besar, sehingga efektivitas perpindahan panas menjadi lebih optimal.

2. Menghitung Jumlah Tube

Jumlah tube yang dibutuhkan :

$$N_{\text{pipa}} = \frac{ID \times F_{\text{masstotal}}}{\mu \times a' \times Re}$$

$$N_t = 2611$$

3. Menentukan Dimensi Shell

$$ID_s = \sqrt{(2 \cdot N_t \cdot 0,5 \cdot \sin 60 \cdot PT^2) / \pi \frac{1}{\pi^4}}$$

$$ID_s = 4,86 \text{ m}$$

$$B = 0,2 \cdot ID_s$$

$$= 0,97 \text{ m}$$

$$De = \frac{Gt^4 \cdot (P_T^2 \cdot 0,5 \cdot 0,86 - 1/8 \cdot \pi \cdot ODT^2)}{0,5 \cdot \pi \cdot ODT}$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

$$a_s = \frac{ID_s \cdot C \cdot B}{pt}$$

$$= 5,547 \text{ m}^2$$

H. Menentukan Jumlah Pendingin yang Dibutuhkan (Wp)

$$W_p : 100.000 \text{ kg/jam}$$

Wp ditentukan dengan caratrial-error supaya $\Delta T_p \geq 240 \text{ }^\circ\text{C}$

I. Menghitung Bilangan Reynold di *Shell* (Res)

$$G_s = \frac{W_p}{a_s}$$

$$= 5,54 \text{ m}^2$$

$$Re_s = \frac{G_s \cdot D_p}{\mu_p}$$

$$= 181534$$

Re_t : bilangan Reynold *tube*

D_p : diameter partikel kataliss, m

W_t : laju alir masa gas total, kg/jam

μ_{camp} : viskositas gas campuran, kg/m/jam

J. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas

Shell Side

$$h_o = jH \left(\frac{k_p}{De_s} \right) \left(\frac{cpp \cdot cp}{k_p} \right)^{1/3} \quad (Kern, 1965)$$

$$h_o = 0,62 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Tube side

$$h_i = \left(\frac{K_{camp}}{IDT} \right) \left(\frac{a_{camp} \cdot u_{camp}}{k_{camp}} \right)^{1/3} \quad (Kern, 1965)$$

$$h_i = 1,450 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$h_{io} = h \frac{IDT}{ODT} \quad (Kern, 1965)$$

$$= 1,260 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} \quad (Kern, 1965)$$

$$U_c = 0,416 \text{ Kj/m}^2 \cdot \text{sk}$$

$$U_D = \frac{U_c}{1 + RD \cdot UC} \quad (Kern, 1965)$$

$$U_D = 0,341 \text{ Kj/m}^2 \cdot \text{sk}$$

ho	: koefisien perpindahan panas di shell, W/m ² .°C
ks	: konduktivitas panas pendingin, W/m ² . Jam.°C
C _{pp}	: kapasitas panas pendingin. W/lb.°C
hi	: koefisien perpindahan panas di tube, W/m ² .°C
UC	: koefisien perpindahan panas overall saat bersih, KJ/m ² sk
UD	: koefisien perpindahan panas overall saat kotor, KJ/m ² sk
RD	: Dirt factor : 0,0015 jam.ft ² . F/Btu

Keempat persamaan diferensial tersebut diselesaikan secara simultan dengan menggunakan metode Rungge Kutta.

- Persamaan matematis diselesaikan dengan cara rungge kutta

$$Z_{n+1} = z_n + \Delta Z$$

$$x_{a_{n+1}} = \frac{x_{an} + (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)}{6}$$

$$T_{g_{n+1}} = \frac{T_{gn} + (l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)}{6}$$

$$T_{p_{n+1}} = \frac{T_{pn} + (m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)}{6}$$

$$P_{t_{n+1}} = \frac{P_{tn} + (n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4)}{6}$$

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

- Konstanta Rungge Kutta ke-1

$$K_1 = \frac{\Delta x_a}{\Delta Z} \Delta Z \quad \text{dievaluasi pada } x_{an}, T_{gn}, T_{pn}, P_{tn}$$

$$L_1 = \frac{\Delta T_g}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$M_1 = \frac{\Delta T_p}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$N_1 = \frac{\Delta P_t}{\Delta Z} \Delta Z$$

- Konstanta Rungge Kutta ke-2

$$K2 = \frac{\Delta X_a}{\Delta Z} \Delta Z \quad \text{dievaluasi pada } x_n + k1/2, T_{gn} + l1/2, T_{pn} + m1/2, P_{tn} + n1/2$$

$$M2 = \frac{\Delta T_g}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$L2 = \frac{\Delta T_p}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$N2 = \frac{\Delta P_t}{\Delta Z} \Delta Z$$

- Konstanta Rungge Kutta ke-3

$$K3 = \frac{\Delta X_a}{\Delta Z} \Delta Z \quad \text{dievaluasi pada } x_n + k2/2, T_{gn} + l2/2, T_{pn} + m2/2, P_{tn} + n2/2$$

$$M3 = \frac{\Delta T_g}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$L3 = \frac{\Delta T_p}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$N3 = \frac{\Delta P_t}{\Delta Z} \Delta Z$$

- Konstanta Rungge Kutta ke-4

$$K4 = \frac{\Delta X_a}{\Delta Z} \Delta Z \quad \text{dievaluasi pada } x_n + k3, T_{gn} + l3, T_{pn} + m3, P_{tn} + n3$$

$$M4 = \frac{\Delta T_g}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$L4 = \frac{\Delta T_p}{\Delta Z} \Delta Z$$

$$N4 = \frac{\Delta P_t}{\Delta Z} \Delta Z$$

Perhitungan pada reaktor *fixed bed multitube* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

Table Lampiran A. 6 Hasil Perhitungan Bed Metode Runge Kutta

Z(m)	X₁	X₂	T (K)	T_p (K)	P (atm)
0	0	0	250	240	7
0,5	0,115	0,017	242,052	241,484	6,996
1	0,208	0,030	242,331	241,856	6,991
1,5	0,290	0,042	242,585	242,175	6,987
2	0,362	0,053	242,805	242,450	6,983
2,5	0,424	0,062	242,996	242,689	6,978
3	0,479	0,070	243,163	242,896	6,974
3,5	0,527	0,077	243,308	243,076	6,969
4	0,569	0,083	243,434	243,233	6,965
4,5	0,606	0,088	243,545	243,369	6,961
5	0,638	0,093	243,641	243,488	6,956
5,5	0,666	0,097	243,726	243,592	6,952
6	0,691	0,100	243,800	243,683	6,947
6,5	0,713	0,104	243,865	243,762	6,943
7	0,732	0,106	243,921	243,832	6,938
7,5	0,749	0,109	243,971	243,893	6,934
8	0,764	0,111	244,015	243,946	6,930
8,5	0,777	0,113	244,054	243,993	6,925
9	0,788	0,115	244,087	244,034	6,921
9,5	0,798	0,116	244,117	244,070	6,916

10	0,807	0,117	244,143	244,102	6,912
10,5	0,815	0,118	244,166	244,130	6,907
11	0,822	0,119	244,186	244,155	6,903
11,5	0,828	0,120	244,204	244,176	6,898
12	0,833	0,121	244,220	244,195	6,894
12,5	0,838	0,122	244,234	244,212	6,889
13	0,842	0,122	244,246	244,227	6,885
13,5	0,846	0,123	244,257	244,240	6,880
14	0,849	0,123	244,266	244,251	6,876
14,5	0,852	0,124	244,274	244,261	6,871
15	0,854	0,124	244,282	244,270	6,867
15,5	0,856	0,124	244,288	244,278	6,862
16	0,858	0,125	244,294	244,285	6,858
16,5	0,860	0,125	244,299	244,291	6,853
17	0,862	0,125	244,304	244,297	6,849
17,5	0,863	0,125	244,308	244,301	6,844
18	0,864	0,126	244,311	244,306	6,840

Dari haril Ms. Excel tersebut diperoleh :

Pada $Z = H$ $= 18$

Maka, : X_1 $= 0,864$

X_2 $= 0,126$

T $= 244,311 \text{ } ^\circ\text{C}$

T_{pin} $= 240 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tinggi tumpukan katalis = 18 m

K. Menghitung Berat Katalis yang diperlukan (W)

$$W = V \cdot \rho_b \cdot N_t$$
$$= 142,444 \text{ Kg}$$

L. Menghitung Waktu Tinggal (t)

$$T = \frac{\frac{H \cdot A \cdot T}{W \cdot T}}{p \text{ camps}} \cdot 3600$$
$$= 0,6082 \text{ detik}$$

t : waktu tinggal, detik

R : konstanta gas ideal

P : tekanan gas saat Z = H, atm

T : temperatur gas saat Z = H, K

M. Menghitung Tebal Shell (ts)

Tebal *shell* dihitung dengan persamaan berikut :

$$ts = \frac{P \cdot x \cdot r}{f \cdot XE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownel, 1959})$$
$$= 0,701 \text{ in}$$

Dipilih tebal dinding standar = 3/16 in

ts : tebal *shell* minimum, in

P : *design pressure*, psig

ri : jari-jari dalam *shell* (0,5 . IDS), IN

f : *maximum allowable stress* (Tabel 13.1 *Brownell*), psig ϵ

: efisiensi pengelasan (Tabel 13.2 *Brownell*)

C : *corrosion allowance*, in

Bahan yang direncanakan untuk digunakan pada bagian shell adalah carbon steel tipe SA 285 grade A, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$f = 11250 \text{ Psi}$$

$$\epsilon = 90\% \text{ (single-welded)}$$

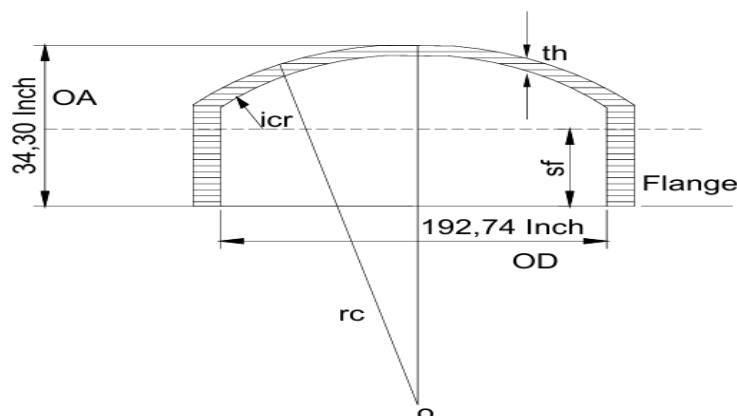
$$C = 0,126 \text{ in}$$

$$OD_s = ID_s + 2t_s$$

$$OD_s = 4,89 \text{ m} = 192,74 \text{ in}$$

N. Menghitung Tinggi dan Tebal Head

Material yang digunakan pada bagian head adalah carbon steel SA 285 grade A dengan bentuk *elliptical dished head* atau elipsoidal. Pemilihan bentuk ini didasarkan pada kesesuaiannya untuk aplikasi yang beroperasi pada tekanan di atas 200 psi (McGraw-Hill, 2008).



Gambar Lampiran A. 2 Reaktor Head
Tebal head dihitung dengan persamaan :

$$th = \frac{P ID_s}{4 \cdot f \cdot E - 0,4 \cdot P} + C$$

$$th = \text{tebal head, in}$$

$$= 0,93 \text{ in}$$

Digunakan th standar = 3/16

Berdasarkan *tabel 5.8 Brownell*, didapatkan $sf = 1 \frac{1}{2} - 2$ (diambil $1 \frac{1}{2}$)

Tinggi head (OA) dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$a = \frac{IDS}{2} = 95,67 \text{ i}$$

$$AB = a - icr = 88,42 \text{ in}$$

$$BC = rc - icr = 184,09 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = 4,10 \text{ in}$$

$$b = rc - AC = 29.87 \text{ in}$$

$$OA = th + b + sf = 34,30 \text{ in}$$

$$= 0,87 \text{ m}$$

O. Menghitung Tinggi Reaktor Total (Hr) dan Volume Reaktor

1. Menghitung Tinggi Reaktor Total

$$\text{Tinggi reaktor (H)} = 18,82 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total (Hr)} = \text{Tinggi katalis} + 2 \times \text{Tinggi Ballast} + 2 \times \text{Tinggi Head}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ballast} &= 2,5 \text{ in (Rasw, H.F., "Chemical Reaktor Desing" (1977,} \\ &\quad \text{John Willey)} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Total} = 19,64 \text{ m}$$

2. Menghitung Volume Reaktor

$$\text{Volume head} = 0,000049 \times ID_s^3 \dots \dots \dots (\text{Eq 5.11, P.88, Brownell, 1959})$$

$$= 3,872 \text{ in}^3$$

$$= 0,00063 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = nt \times \frac{ID_s^2}{4} \times 2$$

$$= 30837,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Shell} = \text{volume reaktor} + 2 \text{ volume head}$$

$$= 30845,19 \text{ m}^3$$

P. Menghitung Diameter Pipa Pemasukan dan Pengeluaran Reaktor dan Pipa Pendingin

1. Diameter Pemasukan gas

$$\text{Flowrate gas masuk pemasukan gas} = \frac{WT}{Po} = 14,08 \text{ Kg/s}$$

$$\text{Densitas gas umpan} = 29,67$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum (Dopt)} &= 293G^{0,53} \cdot P^{-0,37} \text{ (Coulson, pers.} \\ &\quad \text{5.14)} \end{aligned}$$

$$= 269,438 \text{ mm}$$

$$= 10,607 \text{ in}$$

Digunakan diameter pipa standar (*Appendix K, Brownell*)

dengan spesifikasi :

$$OD = 10,750$$

$$ID = 10,020$$

$$Sch = 40$$

2. Diameter pipa pengeuaran gas

$$\text{Flowrate gas keluar reaktor} = \frac{W_T}{\rho_0} = 14,08 \text{ Kg/s}$$

$$\text{Densitas gas keluar} = 29,67$$

$$\text{Diameter optimum (Dopt)} = 293G0,53 \cdot P-0,37 \quad (\text{Coulson, pers. 5.14})$$

$$= 246,46 \text{ mm}$$

$$= 9,703 \text{ in}$$

Digunakan diameter pipa standar (*Appendix K, Brownell*) dengan spesifikasi :

$$OD = 10,750$$

$$ID = 10,020$$

$$Sch = 40$$

3. Diameter Pipa pemasukan dan pengeluaran pendingin

Pipa untuk aliran masuk dan keluar fluida pendingin dirancang dengan ukuran yang sama, karena laju aliran dan densitas fluida pendingin dianggap konstan selama proses operasi.

$$\text{Flowrate pemdingin masuk} = \frac{W_T}{\rho_0} = 0,0077 \text{ Kg/s}$$

$$\text{Densitas pendingin} = 4,554$$

$$\text{Diameter optimum (Dopt)} = 293G0,53 \cdot P-0,37 \quad (\text{Coulson, pers. 5.14})$$

$$= 12,693 \text{ mm}$$

$$= 0,499 \text{ in}$$

Digunakan diameter pipa standar (*Appendix K, Brownell*) dengan spesifikasi :

$$\text{OD} = 0,540$$

$$\text{ID} = 0,0639$$

$$\text{Sch} = 40$$

Q. Menentukan Tebal Isolator

Asumsi :

1. Perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak
2. Suhu permukaan dinding dalam selongsong = suhu media pendingin
3. Suhu udara, $T_u = 303,15 \text{ K}$
4. Dirancang : Suhu dinding luar isolator, $T_i = 313,15 \text{ K}$
5. Bahan isolator : fiber glass

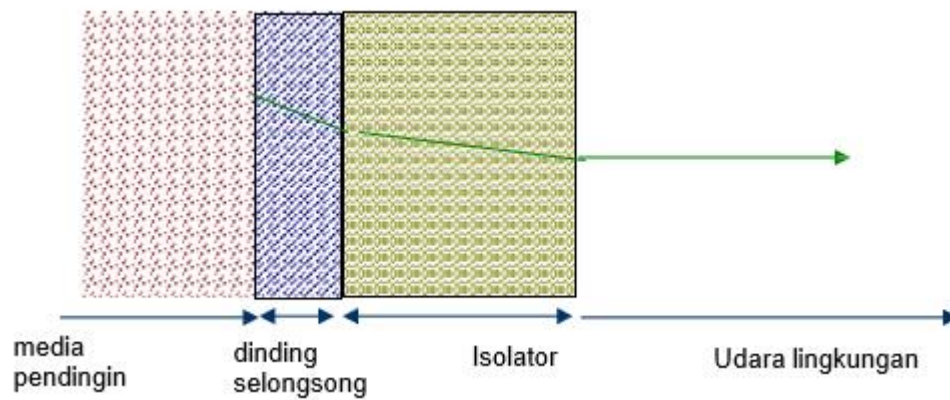
Pilihan bahan isolator berdasarkan :

- Suhu operasi
- Konduktivitas thermal yang kecil

$$k_{th} = 0,043 \text{ W/mK}$$

$$\text{Konduktivitas thermal baja, } k_{thb} = 80,2 \text{ W/mK}$$

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



Gambar Lampiran A. 3 Dinding Reaktor

Keterangan :

x_s : Tebal dinding selongsong (m)

x_i : Tebal dinding isolator (m)

T_p : Suhu media pendingin (K)

T_s' : Suhu permukaan luar selongsong (K)

t_i : Suhu dinding luar isolator (K)

t_u : Suhu udara lingkungan (K)

h_c : koefisiensi perpindahan kalor secara konveksi ke udara lingkungan [$\text{kJ/m}^2\text{sK}$]

t_i = Suhu isolator dalam F = 104 F

t_u = Suhu udara lingkungan F = 95 F

h_c = 0,00294 [$\text{kJ/m}^2\text{sK}$]

x_s = tebal dinding selongsong = 0,0255 m

k_{ths} = konduktivitas thermal baja = 0,0802 kJ/ms K

k_{thi} = konduktivitas thermal isolator = 0,000043 kJ/m

Q_c = 0,0294 [$\text{kJ/m}^2\text{sK}$]

Perpindahan kalor yang terjadi :

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

$$q = kths \frac{Tp-ts''}{xs} \dots\dots\dots (a)$$

kths : konduktitas thermal baja [kj/ms K]

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

$$q = k_{thi} \frac{ts'' - ti}{x_i} \dots\dots\dots (b)$$

kthi : konduktitas thermal isolator [kj/ms K]

3. Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan, mengikuti persamaan :

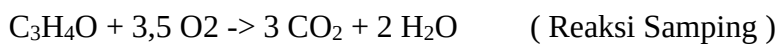
$$q_c = hc (t_i - t_u) \dots\dots\dots (c)$$

Kemudian persamaan a,b, dan c ditrial menggunakan excel dan didapat :

Tebal isolator $X_i = 11,85 \text{ in}$

Dipilih tebal pipa isolator standar = 3/16 in

R. Perhitungan ΔH_R reaksi



Suhu masuk reaktor (T_1) = 250 °C
= 487 K

Suhu referensi (Tref) = 25 °C
= 298 K

Table Lampiran A. 7 Data Perpindahan Panas

Formula	A	B	C	D	E
Nitrogen	29,342	-0,0035395	0,000010076	-4,3116E-09	2,5935E-13
Oksigen	29,526	-0,0088999	0,000038083	-3,2629E-08	8,8607E-12
Karbon Dioksida	27,437	0,042315	-0,000199555	3,9968E-09	-2,9872E-13
Asam Vinil Formiat	-19,25	0,41753	-0,00042109	2,2583E-07	-4,7796E-11
Vinil Aldehid	109,243	-0,50952	0,0017059	-1,8068E-06	6,5983E-10
Water	33,933	-0,0084186	0,000029906	-1,7825E-08	3,6934E-12

$$\Delta H_R = \Delta H_1 + \Delta H_R^\circ - \Delta H_2$$

$$\Delta H_R^\circ = \Delta H_c + \frac{\Delta H_R^\circ}{\Delta H_{fD}} - \Delta H_{fB} - \Delta H_{fA}$$

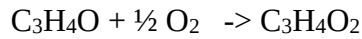
$$\Delta H_1 = \int_{T_1}^{T_{\text{reff}}} C_{pA} dT + \int_{T_1}^{T_{\text{reff}}} C_{pB} dT$$

$$\Delta H_2 = \int_{T_{\text{reff}}}^{T_1} C_{pC} dT + \int_{T_{\text{reff}}}^{T_1} C_{pD} dT$$

Table Lampiran A. 8 Data Perpindahan Panas

Komponen	ΔH_f (kj/kmol)	$\int_{T_1}^{T_{eff}} C_{p_{Reaktan}}$	$\int_{T_{eff}}^{T_1} C_{p_{Produk}}$
Nitrogen	0,00	-6596,48	6596,48
Oksigen	0,00	-6820,86	6820,86
Karbon Dioksida	-393,50	-2386,78	2386,78
Asam Vinil Formiat	-81,00	-21300,73	21300,73
Vinil Aldehid	-262,00	-18442,89	18442,89
Water	-241,80	-7748,80	7748,80

a. Reaksi Utama

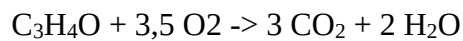


$$\Delta H_R^\circ = -181000 \text{ kj/jam}$$

$$\Delta H_1 = -25263,75 \text{ kj/jam}$$

$$\Delta H_2 = 21300,73 \text{ kj/jam}$$

b. Reaksi Samping



$$\Delta H_R^\circ = -1402100 \text{ kj/jam}$$

$$\Delta H_1 = -25263,75 \text{ kj/jam}$$

$$\Delta H_2 = 10135,58 \text{ kj/jam}$$

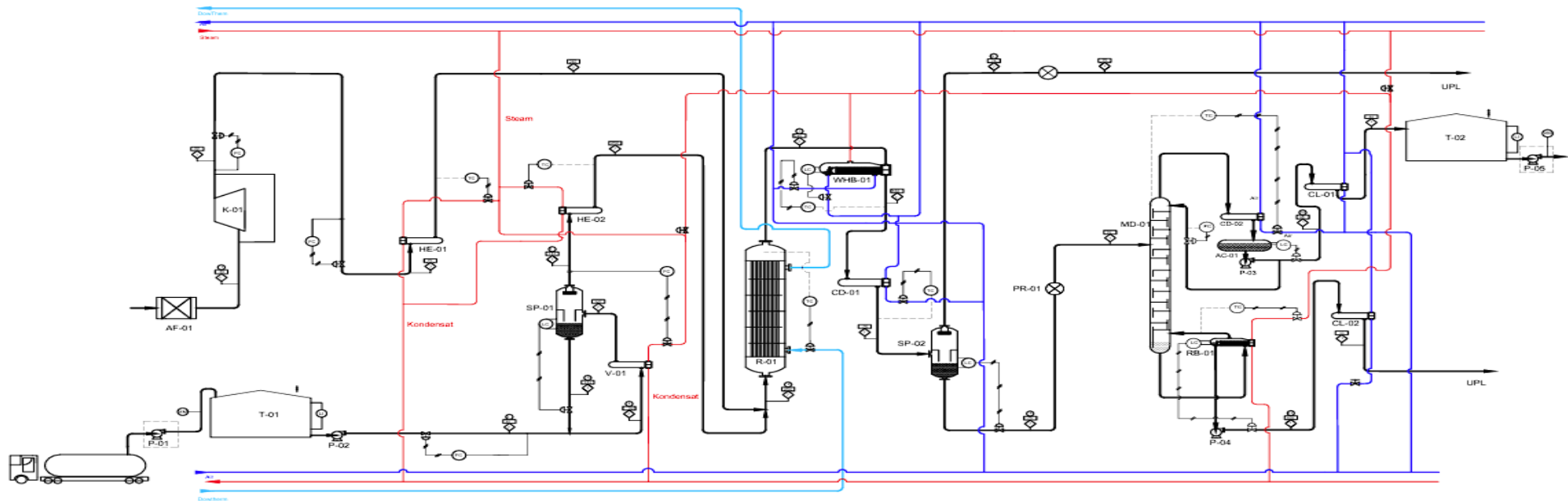
$$\Delta H_{R_{Total}} = \Delta H_1 \text{ Total} + \Delta H_{R^\circ \text{ Total}} - \Delta H_2 \text{ Total}$$

$$\Delta H_{R_{Total}} = -1240191,19 \text{ kj/jam} \quad \text{EKSOTERMIS}$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT DARI VINIL ALDEHID DAN UDARA KAPASITAS : 40.000 Ton/Tahun



NERACA MASSA (Kg/Jam)											
KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N ₂	34374,810					34374,810	34374,810		34374,81		
O ₂	10442,920					10442,920	8168,130		8168,13		
CO ₂							1351,600		1351,60		
C ₂ H ₃ O ₂							5075,880	5075,880		5060,51	25,38
C ₃ H ₆ O		4568,780	1142,104	5710,572	4568,790	4568,790	47,460	47,46			45,65
H ₂ O		1314,360	328,589	1642,947	1314,360	1314,360	1682,980	1682,98		8,41	1674,56
TOTAL	45771,070	5883,140	1470,784	7353,919	5883,140	50700,670	50700,670	6906,32	43894,35	9058,52	1747,40

KETERANGAN	
AF	AF-01
CD	CD-01
HE	HE-01, HE-02
MD	MD-01
PR	PR-01
SP	SP-01, SP-02
V	V-01
WHB	WHB-01
R	R-01
AC	AC-01
RB	RB-01
CL	CL-01, CL-02
P	P-01, P-02, P-03, P-04
T	T-01, T-02
K	K-01

PENGERTIAN	
1	Normal
2	Overpressure
3	Underpressure
4	Overtemperature
5	Undertemperature
6	Overpressure
7	Undertemperature

SIMPULAN	
1	Normal
2	Overpressure
3	Underpressure
4	Overtemperature
5	Undertemperature
6	Overpressure
7	Undertemperature

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ASAM VINIL FORMIAT DARI VINIL ALDEHID DAN UDARA KAPASITAS PRODUKSI : 40.000 TON/TAHUN	
Disusun oleh : NAMA : 1. Aubry Anshari	No.Induk Mahasiswa : 205219327
PEMBimbing : 1. Tirdin Mubana, S.T., M.Eng., Dr.	

Gambar Lampiran B. 1 Process Engineering Flow Diagram

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa : Audry Andryan
 NIM : 20521037
 Juduk Perancangan : Pra Rancangan Pabrik Asam Vinil Formiat dari vinil Aldehid dan Udara Dengan Kapasitas 40,000 Ton/Tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024
 Batas Akhir : 15 Maret 2026
 Nama Dosen Pembimbing : Tintin Mutiara, S.T.,M.Eng.,Dr.

No	Tanggal	Materi Bimbingan	
1	30 Mei 2024 – 3 Juni 2024	Luaran 1 : Penentuan Kapasitas Pra rancangan pabrik	
2	15 Juni 2024 – 19 Juni 2024	Luaran 2 : Pemilihan Proses	
3	19 Juni 2024 – 25 Juli 2024	Luaran 3 : Pnenetuan Spesifikasi bahan baku dan produk berdasarkan MSDS	
4	15 Februari 2025 – 5 Maret 2025	Luaran 4 : Pembuatan diagaram alir proses kualitatif dengan alasan pemilihan alat yang logis	
5	7 Maret 2025 – 10 Maret 2025	Luaran 5 : Perhitungan neraca massa	
6	10 Maret 2025 – 10 Maret 2025	Luaran 6 : Perancangan Reaktor	
7	10 Maret 2025 – 11 Maret 2025	Luaran 7 : Perancangan alat pemisahan dan unit operasi pendukung	
8	11 Maret 2025 – 12 Maret 2025	Luaran 8 : Pembuatan <i>Process Enginering Flow Diagram</i> (PEFD)	
9	12 September 2025 – 15 September 2025	Luaran 9 : Perancangan alat penyimpanan bahan	
10	15 September 2025 – 16 September 2025	Luaran 10 : Perancangan alat transportasi bahan	
11	16 September 2025 – 17 September 2025	Luaran 11 : Perancangan alat penukar panas	
12	9 Oktober 2025 – 24 Oktober 2025	Luaran 12: Perhitungan neraca panas	
13	28 Oktoober 2025 – 29 Oktober 2025	Luaran 13 : Penentuan lokasi, tata letak pabrik dan struktur organisasi perusahaan	
14	28 Oktoober 2025 – 29 Oktober 2025	Luaran 14 : Perancangan Unit Ultilitas	

15	28 Oktober 2025 – 29 Oktober 2025	Luaran 15: Perhitungan evaluasi ekonomi	
----	-----------------------------------	---	---

Yogyakarta, 29 Oktober 2025

Pembimbing,



Tintin Mutiara, S.T., M.Eng., Dr.