

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap tahun, kebutuhan bahan kimia kian pesat seiring dengan terus bertambahnya industri, baik industri yang menghasilkan bahan jadi maupun industri yang menghasilkan bahan setengah jadi (*intermediate*) yang digunakan untuk bahan baku industri lainnya. Hal ini dikarenakan industri kimia memiliki peranan penting dalam pembangunan nasional.

Perkembangan industri kimia diharapkan dapat merangsang pertumbuhan ekonomi dan industri. Tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dan juga untuk memberikan lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia. Sejalan dengan kebijakan Pemerintah untuk meningkatkan iklim industry maka pembangunan industri kimia dasar yang berwawasan masa depan mempunyai prospek yang cukup bagus. Salah satunya bahan kimia yang cukup penting adalah cinnamaldehyd.

Cinnamic aldehyd atau Cinnamaldehyd atau 3-phenylpropenal atau β -phenylacrolein dengan rumus kimia $C_6H_5CH = CHCHO$. merupakan senyawa yang terdapat dalam kayu manis yang diperoleh dengan mengisolasi minyak kayu manis. Kandungan Cinnamaldehyd dalam minyak kayu manis sekitar 74%. (Clark, 1991). Cinnamaldehyd diisolasi dari minyak esensial kayu manis pada tahun 1834

oleh Dumas dan Péligot, dan disintesis di laboratorium oleh Luigi Chiozza, ahli kimia asal Italia, pada tahun 1854. Produk alami dari sintesis Cinnamaldehyd adalah trans-cinnamaldehyd. Molekul Cinnamaldehyd terdiri dari cincin benzen yang terikat pada aldehyd tak jenuh. Cinnamaldehyd merupakan salah satu bahan kimia yang termasuk dalam senyawa aldehyd dengan fase cair dan titik didih 253⁰ C. Selain itu, bahan kimia ini memiliki kegunaan sebagai berikut:

- a. Pada industri makanan, Cinnamaldehyd bermanfaat untuk memberikan rasa dan aroma kayu manis pada makanan, minuman cair, es krim, permen karet dan permen.
- b. Pada bidang kesehatan, Cinnamaldehyd membantu untuk melawan kerusakan gigi dan bau mulut, ramuannya biasa digunakan untuk meningkatkan kesehatan mulut. Sifat antijamur dan antibakteri cinnamaldehyd juga dapat membantu mengurangi infeksi dan mencegah pertumbuhan bakteri dan patogen lainnya di lidah.
- c. Pada bidang Agrichemical, Cinnamaldehyd juga digunakan sebagai fungisida. Terbukti efektif di lebih dari 40 tanaman yang berbeda, cinnamaldehyd biasanya diterapkan pada sistem akar tanaman. Pada tingkat lebih rendah, cinnamaldehyd digunakan sebagai insektisida efektif.
- d. Cinnamaldehyd juga dikenal sebagai inhibitor korosi untuk baja dan paduan besi lainnya dalam cairan korosif seperti asam klorida.

1.2 Perancangan Produksi

1.2.1 Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas perancangan pabrik didasarkan pada kebutuhan Cinnamaldehyde di Indonesia dengan menggunakan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

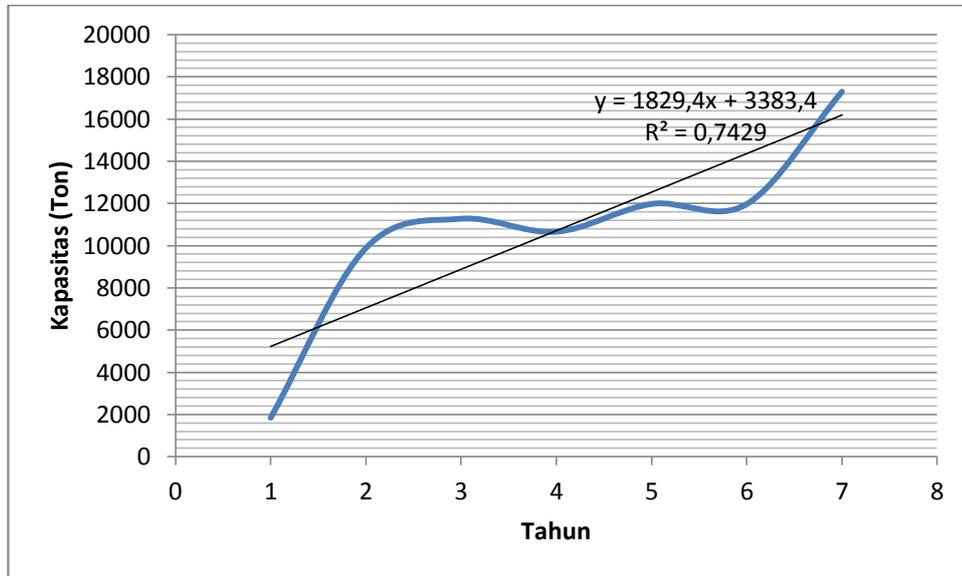
a. Perkiraan Kebutuhan Produk di Indonesia

Seiring dengan berkembangnya perekonomian, kebutuhan Cinnamaldehyd di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini berdampak pada meningkat pula permintaan pasar akan produk ini. Baik pada sector makanan dan minuman, maupun sektor agrichemic dan kesehatan. Berikut ini adalah data impor Cinnamaldehyd di Indonesia:

Tabel 1.1 Data impor Cinnamaldehyd

Tahun	Kapasitas (Ton)
2010	1845,271
2011	9885,209
2012	11272,477
2013	10661,527
2014	11978,343
2015	11969,875
2016	17294,625

Dari Tabel 1.1 di atas, dapat dibuat grafik produksi Cinnamaldehyd di Indonesia sebagai berikut:



Gambar 1.1 Grafik impor Cinnamaldehyd di Indonesia

Dari gambar di atas, dapat dihitung kapasitas produk Cinnamaldehyd yang akan dirancang adalah sebesar 30,000 ton/tahun dan direncanakan akan beroperasi pada tahun 2022.

1.2.2 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan suatu pabrik. Untuk itu harus dipertimbangkan beberapa faktor di bawah ini:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Untuk menghasilkan produk Cinnamaldehyd dengan kapasitas 30.000 ton/tahun akan membutuhkan bahan baku Asetaldehid dan

Benzaldehid. Indonesia masih mengimpor asetaldehid sebesar 2440,763 kg pada tahun 2014 (sumber: BPS). Bahan baku berupa asetaldehid cair akan diimpor dari India tepatnya dari A.B Enterprises yang berlokasi di Maharashtra, India dengan kemurnian mencapai 99%. Sedangkan, bahan baku benzaldehid dengan kemurnian 98 % diperoleh dari ChemFine International Co., Ltd yang beroperasi di Wuxi, China. Bahan baku yang diperoleh dari luar negeri akan lebih mudah apabila lokasinya berdekatan dengan lokasi bongkar muat yaitu pelabuhan. Kawasan Bintang Industri, Batam merupakan salah satu kota dengan kemudahan memperoleh bahan baku karena cukup berdekatan dengan pelabuhan yang menjadi lokasi bongkar muat asetaldehid dan benzaldehid impor.

b. Penyediaan Air

Sumber air yang digunakan dapat berupa sungai, danau dan air laut, serta air tanah. Ketersediaan air bersih di Batam diperoleh melalui sumber air yang berada tersebar di pulau. Berdasarkan data di Badan Pusat Statistik terdapat 22 sungai yang tersebar di Pulau Batam, sehingga kebutuhan air pabrik dapat terpenuhi.

c. Sistem Transportasi

Transportasi dibutuhkan sebagai penunjang, terutama untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan produk, dan pemasaran. Dalam mempermudah pengangkutan bahan baku, produk maupun bahan pendukung lainnya sebaiknya dipilih lokasi pabrik yang berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar. Kawasan Bintang

Industri Batam memiliki akses darat yang memadahi dan berdekatan dengan pelabuhan besar. Bandara Hang Nadim yang melayani berbagai rute domestik dan internasional diharapkan mampu menunjang akses pabrik. Batam termasuk zona perdagangan bebas, yang termasuk lokasi geografis yang memungkinkan barang yang akan diimpor tanpa perlu mengeluarkan berbagai jenis bea masuk dan pajak terkait.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dari masyarakat sekitar pabrik. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi pengangguran di Indonesia, terutama di wilayah Batam.

e. Pemasaran

Cinnamaldehyd merupakan bahan baku pembuatan fungisida dan memberikan rasa serta aroma kayu manis pada makanan dan minuman, dll sehingga dengan berdirinya pabrik cinnamaldehyd di Batam, Kepulauan Riau diharapkan kebutuhan cinnamaldehyd bias tercukupi, juga membuka kesempatan berdirinya industri-industri lain yang menggunakan cinnamaldehyd sebagai bahan baku.

1.3 Tinjauan Pustaka

Kayu manis adalah salah satu jenis rempah-rempah yang sangat terkenal di dunia. Manfaat dan khasiatnya sangat terkenal bahkan sampai berkilo-kilometer jauhnya dari tempat asalnya. Begitu terkenalnya kayu manis sampai namanya sempat disebut-sebut dalam kisah-kisah di kitab Alkitab dan Talmud. Kayu manis pulalah yang membuat bangsa Eropa menjajah kawasan Asia Tenggara hanya untuk mendapatkannya. Indonesia adalah negara yang memiliki berbagai macam tumbuhan jenis kayu. Dari 54 spesies kayu manis yang dikenal di dunia, 12 di antaranya terdapat di Indonesia. Dari ke-12 spesies marga cinnamon yang ada di Indonesia, yang paling banyak ditemukan dan digunakan adalah *Cinnamomum burmani*. Secara fisik, tanaman kayu manis memiliki tinggi sekitar 5 – 15 meter dengan kulit kayu yang berwarna abu-abu tua dengan baunya yang khas. Tanaman ini kaku seperti kulit. Letaknya berseling dan panjang tangkai daunnya mampu mencapai 0.5 – 1.5 cm dengan 3 buah tulang daun yang melengkung. Kayu manis dapat tumbuh pada ketinggian hingga 2000 dpl. Namun *Cinnamomum burmanii* akan tumbuh lebih baik jika ditanam 500 – 1500 dpl dengan curah hujan sebesar 2.000 – 2.500 mm/tahun. Curah hujan yang terlalu tinggi akan membuat rendemen hasil panennya rendah.

Umumnya terdapat 2 proses utama dalam pembuatan Cinnamaldehyd, yaitu proses *steam distillation* yang menggunakan kulit kayu manis dan proses *aldol kondensasi* yang merupakan reaksi

pembentukan ikatan karbon melalui adisi nukleofilik dari keton enolat terhadap suatu aldehida.

1. Proses *Steam Distillation*

Minyak atsiri dalam kayu manis hanya berjumlah 2% dari persen berat kayu manis. Kandungan minyak atsiri tersebut 80 – 90% nya adalah cinnamaldehyd, sedangkan sisanya adalah eugenol, cinnamyl acetate, styrene, dan banyak lagi dengan kandungan yang sangat sedikit. Untuk mendapatkan cinnamaldehyd, tahapan yang harus dilakukan adalah mengolah bahan baku mentah berupa kulit kayu manis. Ketika masih dalam bentuk padatan, kayu manis dihancurkan terlebih dahulu menjadi butiran-butiran kecil halus baru dilakukan proses pemungutan cinnamaldehyd di dalamnya. Untuk mendapatkan cinnamaldehyd, dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

- Mula-mula, minyak atsiri dalam kulit kayu manis diambil dengan metode steam distillation. Steam distillation adalah metode pemungutan minyak atsiri dengan cara menguapkan bahan baku alami dengan steam. Uap hasil proses tersebut kemudian didinginkan sehingga mendapatkan campuran heterogen air dengan minyak atsiri yang kandungan utamanya adalah cinnamaldehyd. Untuk memperoleh cinnamaldehyd murni, campuran diekstraksi menggunakan solven cair berupa heksana atau metanol, kemudian ekstrak yang diperoleh dilewatkan melalui flash drum untuk memisahkan cinnamaldehyd dari solvenya. Karena kadar cinnamaldehyd dalam setiap steam distillation berbeda-beda, maka untuk menyamakan

spesifikasi bahan baku, digunakan kolom equalizer dengan pengaduk. Ini digunakan untuk menyamakan konsentrasi cinnamaldehyd di setiap tempat sehingga setiap minyak atsiri yang masuk ke dalam reaktor berikutnya selalu memiliki konsentrasi cinnamaldehyd yang sama. Proses steam distillation memerlukan suhu yang tinggi dalam prosesnya yaitu 99-100 ° C. Komponen minyak atsiri yang terdapat pada kayu manis terdekomposisi, terdegradasi, dan yang bersifat volatile hilang akibat terjadi pemanasan pada suhu tinggi. Dan kemurnian yang didapat tidak seperti yang diharapkan. Proses steam distillation memerlukan waktu yang cukup lama yaitu 2 jam untuk memisahkan setiap komponennya. Setelah proses distilasi selesai, gas yang terbentuk harus dipisahkan.

2. Proses *Kondensasi Aldol*

Kondensasi aldol adalah reaksi pembentukan ikatan karbon melalui adisi nukleofilik dari keton enolat terhadap suatu aldehida. Berbagai macam nukleofil dapat digunakan dalam reaksi aldol, meliputi enol, enolat, dan enol eter dari keton, aldehida, dan senyawa-senyawa karbonil lainnya. Reaksi aldol sangat penting dalam sintesis organik karena ia menghasilkan produk dengan dua pusat stereogenik yang baru pada karbon $-\alpha$ dan $-\beta$. Kondensasi aldol memiliki beberapa macam reaksi, diantaranya sebagai berikut:

1. Kondensasi aldol silang

Kondensasi aldol yang terjadi pada aldehida yang berbeda disebut dengan kondensasi aldol silang. Reaksi kondensasi aldol silang terjadi jika kedua aldehyd mempunyai hidrogen α .

2. Kondensasi aldol ketonik

Senyawa golongan keton kurang reaktif untuk melangsungkan reaksi kondensasi aldol di bandingkan golongan aldehyd. Namun demikian, sejumlah sedikit produk reaksi masih dapat di hasilkan. Produk kondensasi aldol senyawa keton akan mengalami dehidrasi secara cepat membentuk produk terstabilitas resonansi.

3. Siklisasi via kondensasi aldol

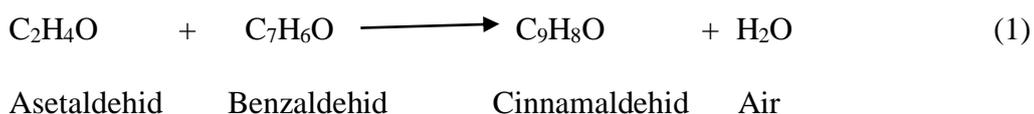
Kondensasi aldol internal, yaitu kondensasi yang dialami dua gugus karbonil pada suatu rantai senyawa yang sama akan membentuk cincin.

4. Kondensasi benzoin

Aldehi aromatic membentuk produk kondensasi ketika di panaskan dengan ion sianida yang di larutkan dalam alkohol berair. Reaksi kondensasi ini mengarahkan pada pembentukan α -hidroksi keton.

Reaksi kondensasi aldol memiliki dua macam mekanisme reaksi yang berbeda secara mendasar bergantung pada katalis yang digunakan. Kondensasi aldol dapat berjalan dalam kondisi basa mengikuti mekanisme enolat. Enolat dapat bertindak sebagai nukleofilik karbon dan ber-adisi pada gugus karbonil pada molekul aldehid atau keton lain. Kondensasi antara dua molekul acetaldehid akan terjadi jika larutan aldehid di beri larutan basa. Kondensasi aldol di buat melalui pembentukan anion enolat dari suatu senyawa karbonil yang diadisikan pada karbonil lain yaitu benzaldehid. Dengan adanya basa, hanya satu macam enolat yang terbentuk. Asetaldehid secara bertahap di reaksikan dengan benzaldehid reaksinya dilakukan pada suhu tinggi seperti 70°C meskipun suhu reaksi ini bervariasi dari 60-80 ° C. Katalis alkali yang digunakan seperti natrium hidroksida.

Mekanisme reaksi :



Asetaldehid yang direaksikan dengan benzaldehid bertujuan untuk meminimalkan kondensasi asetaldehid dan juga sebagai kondensasi lanjut antara asetaldehid dan cinnamaldehyd. Molekul asetaldehid yang berlebih dibandingkan benzaldehid, akan mengembun. Asetaldehid dalam fase cair yang digunakan dalam proses ini. Benzaldehid mengandung pengotor berupa klorin. Pengotor ini untuk selanjutnya akan dikeluarkan pada fraksinisasi akhir cinnamaldehyd.

Parameter pemilihan proses yang dipilih didasarkan pada kemurnian produk yang akan dihasilkan serta risiko yang ditimbulkan. Proses steam distillation memerlukan suhu yang tinggi dalam prosesnya yaitu 99-100 ° C. Sehingga, komponen minyak atsiri yang terdapat pada kayu manis terdekomposisi, terdegradasi, dan yang bersifat volatile hilang akibat terjadi pemanasan pada suhu tinggi. Dan kemurnian yang didapat tidak seperti yang diharapkan. Proses steam distillation memerlukan waktu yang cukup lama yaitu 2 jam untuk memisahkan setiap komponennya. Selain itu, dengan suhu proses yang tinggi dapat menimbulkan risiko tinggi pada pabrik yang beroperasi. Sedangkan, proses kondensasi aldol hanya memerlukan suhu 60-80 ° C dengan waktu reaksi 90 menit sehingga risiko yang dihasilkan lebih kecil jika dibandingkan dengan proses steam distillation. Proses ini juga menggunakan katalis yang dapat memperbesar hasil sintesis (Brown et al., 2012). Serta kemurnian yang didapatkan pada proses ini mencapai 99 %.

Sehingga, proses yang digunakan adalah proses *kondensasi aldol*. Dengan pertimbangan, kemurnian produk yang dihasilkan serta risiko pabrik yang beroperasi.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan

Spesifikasi	Produk Utama	Bahan Baku			
	Cinnamaldehyd (C ₉ H ₈ O)	Asetaldehid (C ₂ H ₄ O)	Benzaldehid (C ₇ H ₆ O)	Natrium Hidroksida (NaOH)	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)
Rumus kimia	C ₉ H ₈ O	C ₂ H ₄ O	C ₇ H ₆ O	NaOH	H ₂ SO ₄
Kemurnian	99 %	99 %	98%	48 %	98 %
Fase	Cair	Cair	Cair	Padat	Cair
Densitas	1.05 g/cm ³	0,788 g/cm ³	1,04 g/cm ³	1,88 g/cm ³	1.84 g/cm ³
Berat Molekul	132,15 g/mol	44 g/mol	106,12 g/mol	40 g/mol	98 g/mol
Titik didih	525,15 K	293,35 K	451,25 K	610,15 K	274,53 K
Kelarutan	1 % larut di dalam air	1 % larut dalam air	1 % larut dalam air	Mudah larut dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Titik lebur	265,65 K	149,65 K	247,15 K	596,15 K	283,61 K

2.2. Pengendalian Kualitas

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain :

- *Level control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/ isyarat berupa suara dan nyala lampu.

- *Flow rate*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

- *Temperature control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Cinnamaldehyd ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses produksi dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan

spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa asetaldehid dan benzaldehid. Dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, kemurnian bahan baku.

2.2.2. Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian kualitas dapat di definisikan sebagai suatu aktivitas agar diperoleh barang hasil jadi yang kualitasnya sesuai dengan standar yang diinginkan. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *set* semula baik secara manual atau otomatis. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

- **Alat Sistem Kontrol**

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.

- b. *Controller* dan indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
 - c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*.
- **Aliran Sistem Kontrol**
 - a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator*.
 - b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
 - c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.2.3. Pengendalian Kualitas Produk

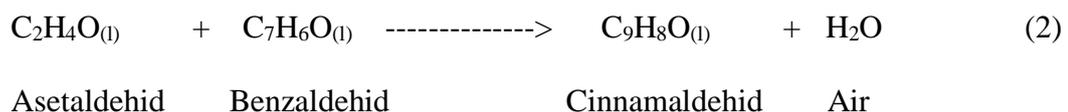
Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka di lakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III

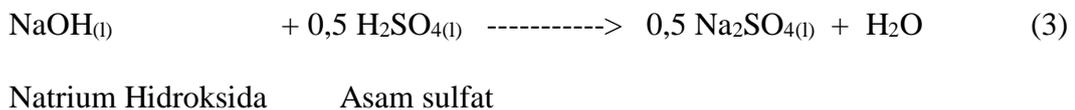
PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pembuatan Cinnamaldehyd dengan menggunakan bahan baku asetaldehyd dan benzaldehyd menggunakan metode kondensasi aldol. Bahan baku asetaldehyd dari tangki penyimpanan (T-01) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm, dipanaskan menggunakan heater dari suhu 30°C menjadi 60°C serta bahan baku benzaldehyd dari tangki penyimpanan (T-02) dengan suhu 30°C dan tekanan 2 atm, diumpankan ke Reaktor (R-01) dengan jenis *reaktor alir tangki berpengaduk* yang berada pada kondisi operasi suhu 60°C dengan tekanan 1 atm, dimana reaksi bersifat eksotermis dan menggunakan katalis cair dari tangki penyimpanan natrium hidrosida (T-03) yang kemudian dicampurkan atau dilarutkan dengan air menggunakan mixer (M-01) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Konversi reaksi sebesar 75 %, dimana reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Keluar dari reaktor, komposisi yang dihasilkan berupa produk utama cinnamaldehyd dalam bentuk cair. Selain itu, terdapat sisa reaktan asetaldehyd dan benzaldehyd dalam bentuk cair serta air dan sedikit natrium hidroksida. Kemudian, produk keluaran reaktor dengan suhu 60°C dan tekanan 1 atm diumpankan ke Neutralizer (N-01) dan ditambahkan larutan H₂SO₄ 48 % dengan tujuan untuk menetralkan kandungan NaOH yang terdapat dalam produk, dengan reaksi yang terjadi di dalam neutralizer (N-01) sebagai berikut:



Keluar dari neutralizer (N-01), dengan suhu dan tekanan operasi, yaitu 60 °C dan 1 atm, produk utama cinnamaldehyd dan pengotornya berupa benzaldehyd dan asetaldehyd, air, dan Na₂SO₄, kemudian diumpankan ke dalam *Cooler (CL-01)* dengan kondisi operasi 35 ° C dan tekanan 2 atm, untuk mendinginkan hasil netralisasi. Hasil keluaran dari Cooler (CL-01) diumpankan menuju decanter (DC-01) pada suhu 35 ° C. Selanjutnya, sebelum komposisi fase berat decanter (DC-01) yang berupa produk utama cinnamaldehyd, benzaldehyd serta sedikit air diumpankan ke menara distilasi (MD-01), produk terlebih dahulu diumpankan ke heater (HE-03) yang berfungsi untuk menaikkan suhu menjadi 193 ° C dan tekanan 1,1 atm. Uap benzaldehyd yang berasal dari kolom destilasi (overhead) dikondensasikan pada condenser (CD-01) pada suhu 180,71 ° C dan tekanan 1 atm, *condensat* tersebut selanjutnya ditampung didalam tangki accumulator (ACC-01) yang akan terbagi menjadi 2 aliran yaitu aliran reflux dan aliran distilat

atau top produk. Uap benzaldehid yang telah terkondensasi tersebut kemudian dialirkan ke dalam cooler (CL-03) yang berfungsi untuk menurunkan suhu menjadi 133°C dan tekanan 1 atm. Dan selanjutnya dialirkan sebagai recycle kembali ke reaktor (R-01).

Sedangkan, hasil bawah dari menara distilasi (MD-01) dengan suhu $255,6^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1,2 atm kemudian diumpankan ke dalam reboiler (RB-01) yang berfungsi untuk mendidihkan kembali serta menguapkan sebagian cairan yang diproses. Selanjutnya, benzaldehid yang telah teruapkan diumpankan kembali ke menara distilasi (MD-01) sedangkan cinnamaldehyd dalam fase cair dialirkan menuju cooler (CL-02) untuk menurunkan suhu menjadi 35°C tekanan 1 atm dan disimpan kedalam tangki penyimpanan produk (T-05).

Sedangkan komposisi fase ringan dari decanter (DC-01) yang berupa Na_2SO_4 , asetaldehyd dan air diumpankan ke heater 2 (HE-02) yang berfungsi untuk menaikkan suhu menjadi 54°C dan tekanan 2 atm. Selanjutnya, aliran keluaran heater (HE-02) diumpankan ke dalam separator dengan suhu 54°C dan tekanan 2 atm. Pada separator (SP-01) terjadi pemisahan antara fase uap yang berupa asetaldehyd dan fase cair yang berupa air dan Na_2SO_4 . Asetaldehyd yang telah terbentuk diumpankan ke dalam condenser (CD-02) yang berfungsi untuk mencairkan uap asetaldehyd dari separator yang kemudian akan di alirkan ke dalam tangki accumulator (ACC-02) dan akan disimpan ke dalam tangki produk samping asetaldehyd (T-06) dengan suhu 35°C dan tekanan 2 atm sebagai hasil produk samping.

3.2 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Asetaldehid (T-01)

Tugas	: Menyimpan bahan baku asetaldehid dari mobil pengangkut.
Jenis	: Tangki silinder horizontal.
Fase	: Cair.
Kondisi Operasi	: Tekanan = 2 atm Suhu = 30 °C
Spesifikasi	: Diameter = 5,96 m Panjang = 47,64 m Tebal Head = 0,355 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Carbon Steel SA 167 Grade C
Harga	: \$34500

2. Heat Exchanger (HE-01)

Tugas	: Memanaskan umpan asetaldehid dari tangki 1 (T-01) menuju Reaktor 1 (T-01).
Jenis	: Double pipe heat exchanger
Beban Panas	: 60752,93 Kcal/jam
Luas transfer panas	: 30,83 ft
Panjang	: 16 ft

Inner

Fluida : Light organic.
Ukuran :
- ID : 0,84 in
- OD : 0,62 in
- Pressure drop : 1 psi
Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Annulus

- Fluida : Steam
Ukuran :
- OD; BWG : 1,9 ; 40
- ID : 1,6 in
- Pressure drop : 1,5 psi
Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu
Dirt Factor available : 0,00463 hr.ft².F/Btu
Catatan : HE 01 memenuhi syarat, karena Rd
available > Rd *min*.
Harga : \$ 6400

3. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Benzaldehid (T-02)

Tugas	: Menyimpan bahan baku benzaldehid dari mobil pengangkut.
Jenis	: Tangki silinder vertikal.
Fase	: Cair.
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Suhu = 30 °C
Spesifikasi	: Diameter = 15,11 m Tinggi = 11,33 m Tebal shell = 0.498 m
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: Carbon Steel SA 167 Grade C
Harga	: \$75900

4. Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (T-03)

Tugas	: Menyimpan katalis cair natrium hidroksida .
Jenis	: Tangki silinder vertikal.
Fase	: Cair.
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Suhu = 30 °C
Spesifikasi	: Diameter = 4.19 m Tinggi = 11,33 m Tebal shell = 0,0046 m

Jumlah : 1 buah
 Bahan : Stainless Steel
 Harga : \$15000

5. Mixer (M-01)

Tugas : Mencampurkan NaOH 48% dengan air.
 Jenis pengaduk : Marine dengan 3 Blade, jumlah baffle 4 buah
 Head and bottom : Diameter mixer = 3,18m
 Tinggi mixer = 4,7m
 Tinggi cairan = 4,01m
 Tebal Shell = 3/16in
 Tebal Head = 3/16in
 Jarak pengaduk dari dasar = 1 m
 Lebar baffle = 10,59m
 Tipe = elipticle
 Penambahan Coil : Panjang total coil = 1950,7 ft
 Tinggi total coil = 3,43m
 Diameter lilitan = 1,48m
 Jumlah lilitan = 107,65
 Vtotal : 43,23 m³
 Kecepatan pengaduk : 1,5 rpm
 Bahan : Stainless steel

Harga : \$85200

6. Reaktor (R-01)

Tugas : Tempat berlangsungnya reaksi dan menghasilkan produk Cinnamaldehyd sebanyak 3787,8789 kg/jam

Jenis : *Reaktor Alir Tangki Berpengaduk.*

Fase : Cair.

Kondisi Operasi : Eksotermis

Tekanan = 1 atm

Suhu = 74,1 °C

Spesifikasi : Diameter = 2,13 m

Tinggi = 3,19 m

Tebal *Shell* = 0,171 in

Tebal *Head* = 0,166 in

Jumlah : 2 buah

Bahan : Stainless steel

Harga : \$ 116000

7. Neutralizer (N-01)

Tugas	: Menetralkan natrium hidrosida (NaOH) yang keluar dari reaktor dengan menggunakan larutan H ₂ SO ₄ 48%
Jenis	: Silinder
Fase	: Cair
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Suhu = 75,06 °C
Spesifikasi	: Diameter = 2,63 m Tinggi = 3,94 m Tebal <i>Shell</i> = 0,197 in Tebal <i>Head</i> = 0,188 in
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-203 Grade A</i>
Harga	: \$ 46900

8. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-04)

Tugas	: Menyimpan asam sulfat dari mobil pengangkut.
Jenis	: Tangki silinder vertikal.
Fase	: Cair.
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Suhu = 30 °C

Spesifikasi : Diameter = 3,34 m
 Tinggi = 3,34 m
 Tebal shell = 0,0049 m

Jumlah : 1 buah

Bahan : Stainless Steel

Harga : \$11900

9. Cooler (CL-01)

Tugas : Mendinginkan hasil netralisasi dari Neutralizer (N-01) dari suhu 75,06 ° C menjadi 35 ° C

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Beban Panas : 1508472,5 Kcal/j

Luas transfer panas : 3036,54 ft²

Panjang : 16 ft

Tube side

Fluida dingin : Water

Luas per pipa : 0,64 ft²

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Shell side

Fluida panas : Light Organics

Jarak baffle (B) : 9,75 in

NPS : 2

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
 Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu
 Dirt Factor available : 0,00348 hr.ft².F/Btu (0,5988 s.m².°C/kJ)
 Catatan : Cooler 1 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$
 Harga : \$ 9800

10. Decanter (DC-01)

Tugas : Memisahkan fase ringan yang berupa asetaldehid dan air, dengan fase berat berupa benzaldehid dan cinnamaldehyd pada suhu 35 ° C.

Jenis : Horizontal Drum Decanter

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : Tekanan = 1 atm
 Suhu = 35 °C

Dimensi : Diameter = 1,401 m
 Panjang = 6,373 m
 Tebal *shell* = 0,156 in
 Tebal *head* = 0,152 in
 Volume = 7406,2484 gallon
 Waktu Tinggal = 1,327 jam

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Harga : \$ 53100

11. Heat Exchanger (HE-02)

Tugas : Memanaskan umpan menara distilasi dari
decanter-01 menuju Reaktor-01.

Jenis : Double pipe heat exchanger

Beban Panas : 785365,56 Kcal/jam

Luas transfer panas : 26,61 ft²

Panjang : 16 ft

Inner

Fluida : Steam

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Ukuran :

- ID : 1,05 m

- OD : 1,32 m

- Pressure drop : 1 psi

Annulus

- Fluida : Light Organics

Ukuran :

- OD; BWG : 3,5 ; 40

- ID : 3,05 m

- Pressure drop : 0,68 psi

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
 Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu
 Dirt Factor available : 0,00555 hr.ft².F/Btu
 Catatan : HE 01 memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$.
 Harga : \$ 12800

12. Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tugas : Memisahkan dan memurnikan produk
 cinnamaldehyd dengan kemurnian 99.9%
 Jenis *Plate* : Sieve plate distillation tower
 Umpan Menara : Tekanan = 1 atm
 Suhu = 189,0267 °C
 Atas Menara : Tekanan = 1 atm
 Suhu = 180,7 °C
 Dasar Menara : Tekanan = 1,2 atm
 Suhu = 255,5977 °C
 Spesifikasi : Diameter puncak = 0,809 m
 Diameter dasar = 0,898 m
 Tinggi = 5,63 m
 Tebal *Shell* = 0,143 in
 Tebal *Head* = 0,143 in
 Jumlah plate = 10 plate
 Jumlah : 1 buah

Bahan : Stainless steel

Harga : \$ 178300

13. Condenser (CD-01)

Tugas : Mengembunkan uap hasil atas menara distilasi.

Jenis : *Shell and Tube Condenser*

Beban Panas : 454605,87 kcal/jam

Luas transfer panas : 95,12 ft²

Panjang : 10 ft

Shell Side

Fluida : Light Organics.

Ukuran : ID = 10 in

Pass = 1

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Tube Side

Fluida : Water

Ukuran : OD; BWG = 0,75 ; 16 in

ID = 0,62 in

Pass = 4

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu

Dirt Factor available : 0,00691 hr.ft².°F/Btu

Catatan : Condensor memenuhi syarat, karena $Rd_{available} > Rd_{min}$.

Harga : \$ 14808

14. Accumulator 1 (ACC-01)

Tugas : Menampung sementara hasil kondensasi Menara distilasi (MD-01)

Jenis : Tangki Silinder Horizontal

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Spesifikasi : Diameter = 0,81 m

Panjang = 1,63 m

Tebal Shell = 0,130 in

Tebal Head = 0,130 in

Harga : \$ 3757

15. Cooler 3 (CL-03)

Tugas : Mendinginkan hasil dari Accumulator 1 (ACC-01)

Jenis : Double pipe

Beban Panas : 41103,49 Kcal/j

Luas transfer panas : 8,99 ft²

Panjang : 10 ft

Inner pipe	
Fluida dingin	: Water
OD;BWG	: 1,9;40 in
Flow area	: 2,03 in ²
Pressure drop	: 1,7 psi
Bahan	: Carbon Steel SA 167 Grade C
Annulus side	
Fluida panas	: Light Organics
OD;BWG	: 2,88,40 in
ID	: 2,46 in
Bahan	: Carbon Steel SA 167 Grade C
Dirt Factor min	: 0,002 hr.ft ² .F/Btu
Dirt Factor available	: 0,00771 hr.ft ² .F/Btu (0,5988 s.m ² .oC/kJ)
Catatan	: Cooler 1 memenuhi syarat, karena Rd available > Rd min.
Harga	: \$ 7400

16. Reboiler (RB-01)

Tugas	: Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi.
Jenis	: Shell and Tube Kettle Reboiler
Beban Panas	: 545788,33 Kcal/ jam

Luas transfer panas : 818,66 ft²

Panjang : 16 ft

Shell Side

Fluida : Light Organics

Ukuran : ID = 21,25 in

Jumlah pipa = 246

Pass = 1

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Tube Side

Fluida : Steam.

Ukuran : Jumlah Tube = 12 buah

OD; BWG = 0,75 ; 16 in

ID = 0,62 in

Pass = 4

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Dirt Factor min : 0,0015 hr.ft².oF/Btu

Dirt Factor available : 0,00421 hr.ft².oF/Btu

Catatan : Reboiler memenuhi syarat,

karena $R_d \text{ available} > R_d \text{ min}$

Harga : \$13200

17. Cooler 2 (CL-02)

Tugas : Mendinginkan hasil dari Reboiler (RB-01).

Jenis : Double pipe Heat Exchanger

Beban Panas : 461044,50 Kcal/j

Luas transfer panas : 54,92 ft²

Panjang : 12 ft

Inner

Fluida : Light Organics

OD;BWG : 2,50,40 in

ID : 2,88 in

Flow area : 6,5 in²

Pressure drop : 0,35 psi

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Anulus

Fluida panas : Water

OD,BWG : 4,5,40 in

ID : 4,05 in

Pressure drop : 0,32

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu

Dirt Factor available : 0,00251 hr.ft².F/Btu

Catatan : Cooler 1 memenuhi syarat, karena

$R_d \text{ available} > R_{dmin}$

Harga : \$ 24500

18. Tangki Produk Cinnamaldehyd (T-05)

Tugas : Menyimpan Cinnamaldehyd sebanyak
3787,88 kg/jam

Jenis : Tangki silinder vertikal.

Fase : Cair.

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 35 °C

Spesifikasi : Diameter = 20,26 m

Tinggi = 10,13 m

Tebal Head = 0,58 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Harga : \$46500

19. Heat Exchanger (HE-02)

Tugas : Memanaskan umpan dari Decanter (DC-01)
menuju Separator (SP-01)

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Beban Panas : 745834,43 kcal/jam

Luas transfer panas : 79,74 ft²

Panjang : 10 ft

Annulus

- Fluida Panas : Light Organics
- Ukuran :
- ID : 8 in
- Baffle space : 8 in
- Pass : 1
- Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Inner

- Fluida dingin : Steam
- Ukuran :
- Jumlah tube : 204
- OD; BWG : 0,75 in
- ID : 0,48 in
- Pass : 2
- Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
- Dirt Factor min : 0,0015 hr.ft².F/Btu
- Dirt Factor available : 0,00284 hr.ft².F/Btu

Catatan: HE 01 memenuhi syarat, karena

$Rd\ available > Rd\ min.$

- Harga : \$12800

20. Separator (SP-01)

Tugas	: Memisahkan fase uap dan fase cair yang terbentuk dalam heater pada suhu 54°C dan tekanan 2 atm.
Tipe alat	: Horizontal Drum Separator
Suhu	: 54°C
Tekanan	: 2 atm
Luas transfer panas	: 7,68 ft
Diameter	: 43,56 in
Panjang	: 138,52 in
Tinggi cairan	: 2,85 ft
Tebal shell	: 0,19 in
Tebal head	: 0,18 in
Bahan	: Carbon Steel SA 167 Grade C
Harga	: \$12800

21. Condensor 2 (CD-02)

Tugas	: Mengembunkan uap hasil atas separator (SP-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Beban Panas	: 74973,17 kcal/jam
Luas transfer panas	: 189,09 ft ²
Panjang	: 16 ft

Shell Side

Fluida : Light organics
Ukuran : ID = 12 in
Jumlah pipa = 68
Pass = 2
Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C

Tube Side

Fluida : Water
Ukuran : OD; BWG = 0,75;16 in
ID = 0,62 in
Pass = 4
Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
Dirt Factor min : 0,002 hr.ft².F/Btu
Dirt Factor available : 0,00708 hr.ft².°F/Btu
Catatan : Condensor memenuhi syarat, karena R_d
available > R_d *min*.
Harga : \$ 10200

22. Accumulator 2 (ACC-02)

Tugas : Menampung sementara hasil kondensasi dari separator (SP-01)
Jenis : Tangki Silinder Horizontal

Bahan : Carbon Steel SA-283 grade C
Spesifikasi : Diameter = 1,03 m
Panjang = 2,07 m
Tebal Shell = 0,170 in
Tebal Head = 0,170 in
Harga : \$ 4200

23. Tangki Produk Samping Asetaldehid (T-06)

Tugas : Menyimpan produk samping asetaldehid.
Jenis : Tangki silinder horizontal.
Fase : Cair.
Kondisi Operasi : Tekanan = 2 atm
Suhu = 35 °C
Spesifikasi : Diameter = 4,18 m
Tinggi = 33,44 m
Tebal Head = 0,286 in
Jumlah : 1 buah
Bahan : Carbon Steel SA 167 Grade C
Harga : \$17500

24. Pompa

Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5
Tugas	Mengalirkan C ₂ H ₄ O dari mobil tangki menuju Tangki Penyimpanan C ₂ H ₄ O(T-01)	Mengalirkan C ₇ H ₆ O dari mobil tangki menuju Tangki Penyimpanan C ₇ H ₆ O (T-02)	Mengalirkan NaOH dari mobil tangki menuju Tangki Penyimpanan NaOH (T-03)	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari mobil tangki menuju Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄ (T-04)	Mengalirkan C ₂ H ₄ O dari tangki penyimpanan menuju Reaktor (R-01)
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Ukuran pipa					
1. NPS	4 in	4 in	4 in	4 in	0,5 in
2.Sch.No	40	40	40	40	40
3.OD	4,5 in	4,5 in	4,5 in	4,5 in	0,84 in
4.ID	4,026 in	4,026 in	4,026 in	4,026 in	0,62 in
5.Head pompa	9,41 m	14,59 m	7,21 m	6,26 m	66,72 m
6.Power pompa	3,4 Hp	7,12 Hp	5,1 Hp	5,3 Hp	0,51 Hp
7.Power motor	5 Hp	10 Hp	7,5 Hp	7,5 Hp	0,75 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$6300	\$6300	\$6300	\$6300	\$4000

Lanjutan Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa 6	Pompa 7	Pompa 8	Pompa 9	Pompa 10
Tugas	Mengalirkan C_7H_6O dari tangki penyimpanan menuju reaktor(R-01)	Mengalirkan NaOH dari tangki penyimpanan menuju mixer(M-01)	Mengalirkan NaOH dari mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil reaksi dari reaktor 1 menuju reaktor 2.	Mengalirkan hasil reaksi dari reaktor 2 menuju neutralizer (N-01)
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Ukuran pipa					
1. NPS	1 in	0,5 in	2,5 in	2,5 in	2,5 in
2.Sch.No	40	40	40	40	40
3.OD	1,32 in	0,84 in	2,8 in	2,88 in	2,88 in
4.ID	1,04 in	0,62 in	2,4 in	2,46 in	2,46 in
5.Head pompa	58,10 m	30,91 m	55,03 m	12,12 m	12,12 m
6.Power pompa	1,86 Hp	0,042 Hp	15 Hp	3,07 Hp	3,07 Hp
7.Power motor	3 Hp	0,5 Hp	0,5 Hp	5 Hp	5 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$4000	\$3200	\$5100	\$5100	\$5100

Lanjutan Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa 11	Pompa 12	Pompa 13	Pompa 14	Pompa 15
Tugas	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari tangki penyimpanan menuju netralizer(N-01)	Mengalirkan fase ringan dari decanter (DC-01) menuju separator (SP-01)	Mengalirkan hasil atas menara distilasi (MD-01) dari accumulator (ACC-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil bawah menara distilasi (MD-01) dari reboiler (RB-01) menuju tangka penyimpanan produk.	Mengalirkan C ₂ H ₄ O dari accumulator 2(ACC-02) menuju tangka penyimpanan produk samping (T-06)
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Ukuran pipa					
1. NPS	0,5 in	2 in	2 in	0,8 in	0,5 in
2.Sch.No	40	40	40	40	40
3.OD	0,84 in	2,38 in	2,38 in	1,05 in	0,84 in
4.ID	0,62 in	2,06 in	2,06 in	0,82 in	0,62 in
5.Head pompa	1,98 m	5,82 m	6,05 m	36,85 m	2,72 m
6.Power pompa	0,0016 Hp	1,48 Hp	1,32 Hp	0,84 Hp	0,007Hp
7.Power motor	0,5 Hp	2 Hp	1,5 Hp	1 Hp	0,5 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$4000	\$5100	\$5100	\$3200	\$4000

Lanjutan Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa 16	Pompa 17
Tugas	Mengalirkan C ₂ H ₄ O dari tangki penyimpanan 6(T-06) menuju mobil konsumen.	Mengalirkan produk Cinnamaldehyd dari tangka penyimpanan 5 (T-05) menuju mobil konsumen.
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Ukuran pipa		
1. NPS	1 in	4 in
2.Sch.No	40	40
3.OD	1,32 in	4,5 in
4.ID	1,04 in	4,02 in
5.Head pompa	0,4 m	12,26 m
6.Power pompa	3,4 Hp	6,01 Hp
7.Power motor	5 Hp	7,5 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah
Harga	\$3200	\$6300

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku dan Bahan Tambahan

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku berupa asetaldehyd cair akan diimpior dari India tepatnya dari A.B Enterprises yang berlokasi di Maharashtra,India. Sedangkan,bahan baku benzaldehyd diperoleh dari ChemFine International Co.,Ltd yang beroperasi di Wuxi,China.

Tabel 3.2 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Kebutuhan Bahan Baku (ton/tahun)	Rerata Ketersediaan Bahan Baku (ton/tahun)
Asetaldehid (C ₂ H ₄ O) =1666,31 kg/jam	13.197,17	95.000
Benzaldehid (C ₇ H ₆ O) =3155,04 kg/jam	24.987,91	39.600

Tabel 3.3 Kebutuhan bahan baku pembantu

Komponen	Kebutuhan Bahan Baku (ton/tahun)	Rerata Ketersediaan Bahan Baku (ton/tahun)
Natrium Hidroksida (NaOH) =106,06kg/jam	893,99	200.000
Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)=129,92 kg/jam	1028,96	44.600

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku asetaldehid dan benzaldehid dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses, maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi sangat menentukan kelangsungan dan perkembangan pabrik di masa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik agar pabrik yang dirancang dapat mendatangkan keuntungan yang besar.

Lokasi pabrik Cinnamaldehyd direncanakan didirikan di daerah Batam Kepulauan Riau dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk pembuatan Cinnamaldehyd adalah asetaldehyd dan benzaldehyd. Bahan baku berupa asetaldehyd cair akan diimpor dari India tepatnya dari A.B Enterprises yang berlokasi di Maharashtra, India dengan kapasitas produksi 12 ton per tahun dan kemurnian mencapai 98% sehingga mampu menunjang kebutuhan bahan baku pabrik. Sedangkan, bahan baku benzaldehyd dengan kemurnian 99,5 % diperoleh dari ChemFine International Co., Ltd yang beroperasi di Wuxi, China dengan kapasitas produksi 5000 ton per tahun

2. Pemasaran

Cinnamaldehyd merupakan bahan baku pembuatan fungisida dan memberikan rasa serta aroma kayu manis pada makanan dan minuman, dll sehingga dengan berdirinya pabrik cinnamaldehyd di Batam, Kepulauan Riau diharapkan kebutuhan cinnamaldehyd bias tercukupi, juga membuka kesempatan berdirinya industri-industri lain yang menggunakan cinnamaldehyd sebagai bahan baku.

3. Transportasi

Kawasan Bintang Batam merupakan kawasan industri yang letaknya dekat dengan pelabuhan dan jalan raya, sehingga baik pengiriman bahan baku atau pun pengiriman produk dari produsen ke konsumen dapat dilakukan dengan lancar.

4. Ketersediaan Tenaga Kerja

Dengan adanya pendirian pabrik Cinnamaldehyd, dapat menyerap tenaga kerja di Indonesia, terutama di sekitar lokasi pendirian pabrik. Selain itu, Batam merupakan salah satu pulau dengan jumlah penduduk yang cukup padat, sehingga dapat menyerap tenaga kerja yang belum memiliki pekerjaan, baik tenaga kerja yang terdidik dan belum terdidik. Apabila tenaga kerja belum terdidik, akan diberikan *training* terlebih dahulu.

5. Utilitas

Kebutuhan utilitas di pabrik berupa air, bahan bakar dan listrik. Di lokasi Batam, kebutuhan untuk utilitas dapat terpenuhi, karena dekat dengan sumber air dan listrik diperoleh dari PLN.

6. Perizinan

Karena Batam merupakan kawasan industri, sehingga memudahkan dalam melakukan perizinan dengan pemerintah dan masyarakat setempat.

7. Perluasan

Daerah Batam merupakan daerah tidak padat penduduk, sehingga untuk perluasan pabrik, dapat dilakukan ke depannya.

Dengan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Batam layak dijadikan cinnamaldehyd di Indonesia.

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan saran lain seperti utilitas, taman, dan tempat parkir. Secara garis besar, *layout* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, antara lain :

1. Daerah Administrasi/Perkantoran

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses.

3. Daerah Pergudangan
4. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan.

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

Tabel 4.1. Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Pos satpam/keamanan	3	3	9
2.	Kantor utama	20	15	300
3.	Gudang bahan baku	30	15	450
4.	Ruang klinik kesehatan	15	15	225
5.	Masjid	20	20	400
6.	Parkir karyawan	20	15	300
7.	Proses	50	15	750
8.	Ruang control proses	10	10	100
9.	Ruang control utilitas	10	10	100
10.	Utilitas	34	15	510
11.	Parkir truk	15	10	150
12.	Parkir pemadam kebakaran	10	15	150
13.	Taman	10	5	50
14.	Kantin utama	15	5	75
15.	Jalan utama	412	3	1236
16.	Jalan truk	230	5	1150
17.	Gudang produk	20	10	200
18.	Perluasan lahan	160	100	16000
19.	Luas bangunan			3310
20.	Luas lahan			22095
	Total	1080	286	25405

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

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

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *layout* peralatan proses, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan ekonomi

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

6. Jarak antar alat proses

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

6. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.14. Neraca panas di menara distilasi

Input (Kcal/jam)	Output (Kcal/jam)
Panas umpan = 422.371,81	Entalpi hasil atas = 137.629,17
Panas reboiler 1 = 545.788,25	Entalpi hasil bawah = 375.925,03
	Panas condenser = 454.605,88
Total = 968.160,06	Total =968.160,08

4.6. Pelayanan Teknik Utilitas

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Unit utilitas keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik.

Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik metil klorida, terdiri dari :

1. Unit pengolahan air
2. Unit penyediaan *steam*
3. Unit penyediaan listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar
5. Unit penyediaan udara

4.6.1. Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air meliputi air pendingin, air umpan *boiler* dan air untuk keperluan kantor dan rumah tangga, air untuk pemadam kebakaran dan air cadangan. Air diperoleh dari sungai terdekat dengan lokasi pabrik yang kemudian diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi persyaratan. Secara sederhana, pengolahan ini meliputi pengendapan, penggumpalan, penyaringan, demineralisasi, dan deaerasi. Air yang telah digunakan sebagai air pendingin proses dan kondensat, dapat di-*recycle* guna menghemat air, sehingga jumlah *make up* air yang diperlukan sebagai berikut :

- a. Air untuk pendingin = 213630,4444 kg/jam
- b. Air umpan *boiler* = 1218,7650 kg/jam
- c. Air untuk keperluan rumah tangga = 1.750 kg/jam

Total kebutuhan air secara kontinyu sebesar 20096,4242 kg/jam

4.6.2. Unit Penyediaan Steam

Kebutuhan *steam* untuk penguapan di *vaporizer* dan *reboiler* sebanyak 6093,8250 kg/jam. Kebutuhan *steam* ini dipenuhi oleh *boiler* utilitas. Sebelum masuk *boiler*, air harus dihilangkan kesadiahannya, karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Oleh karena itu, sebelum masuk *boiler*, air dilewatkan dalam *ion exchanger* dan deaerasi terlebih dahulu.

4.6.3. Unit Penyediaan Listrik

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi :

- a. Listrik untuk keperluan alat proses = 245,8573 kWatt
- b. Listrik untuk keperluan alat utilitas = 44,5556 kWatt
- c. Listrik untuk instrumentasi dan kontrol = 14,9662 kWatt
- d. Listrik untuk keperluan kantor dan rumah tangga = 74,8310 kWatt

Total kebutuhan listrik adalah 389,1212 kW. Dengan faktor daya 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 486,4015 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

4.6.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada *boiler* dan *diesel* untuk generator pembangkit listrik. Total kebutuhan bahan bakar boiler sebesar 635,7533 kg/jam dan kebutuhan bahan bakar untuk generator sebesar 75,3190 kg/jam.

4.6.5. Unit Penyediaan Udara

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara *pneumatic*. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 500 kg/jam pada tekanan 4 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan *compressor*.

4.7. Organisasi Perusahaan

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Asam Akrilat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

4.7.2. Struktur Organisasi

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

- a. Pemegang saham
- b. Dewan komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur

- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

4.7.3. Tugas dan Wewenang

4.7.3.1. Pemegang saham

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

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

4.7.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

4.7.3.3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah Bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

4.7.3.4. Kepala Bagian

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

4.7.3.4.1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan utilitas

4.7.3.4.2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi

4.7.3.4.3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

4.7.3.4.4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

4.7.3.4.5. Kepala Bagian Administrasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

4.7.3.4.6 Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

4.7.3.4.7 Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.7.3.5. Kepala Seksi

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

4.7.3.5.1. Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

4.7.3.5.2. Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4.7.3.5.3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4.7.3.5.4. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

4.7.3.5.5. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas : Mengkoordinas kegiatan-kegiatan ynag berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

4.7.3.5.6. Kepala Seksi Laboratorium dan pengendalian mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembuatan, produk, dan limbah.

4.7.3.5.7. Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

4.7.3.5.8. Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

4.7.3.5.9. Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

4.7.3.5.10. Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

4.7.3.5.11. Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

4.7.3.5.12. Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Meyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.7.3.5.13. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

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

4.7.3.5.14. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

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

4.7.4. Catatan

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

b. Hari libur nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

c. Kerja Lembur (Overtime)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

d. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

e. Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift

1) Jam kerja karyawan non-shift

- Senin – Kamis

Jam Kerja : 07.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

- Jumat

Jam Kerja : 07.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

- Hari Sabtu dan Minggu libur

2) Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00
- Shift Sore : 15.00 – 23.00
- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.16. Jadwal kerja masing-masing regu

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
2	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P
3	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S
4	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M

Keterangan :

P = Shift Pagi M = Shift Malam S = Shift Siang L = Libur

4.8. Evaluasi Ekonomi

Analisa ekonomi berfungsi untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak jika didirikan.

Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

a. Modal (*Capital Investment*)

1) Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)

2) Modal kerja (*Working Capital Investment*)

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

1) Biaya Produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

2) Biaya Produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

3) Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

c. Pengeluaran Umum (*General Expense*)

d. Analisis Keuntungan

1) Keuntungan sebelum pajak (*Profit Before Taxes*)

2) Keuntungan setelah pajak (*Profit After Taxes*)

e. Analisis kelayakan

1) *Percent Return On Investment (ROI)*

2) *Pay Out Time (POT)*

3) *Break Even Point (BEP)*

4) *Shut Down Point (SDP)*

5) *Discounted Cash Flow (DCF)*

f. Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

4.8.1. Harga Index

Dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga- harga lain diperhitungkan pada tahun pabrik didirikan. Untuk mencari harga pada tahun pabrik didirikan, maka dicari index pada tahun pabrik didirikan.

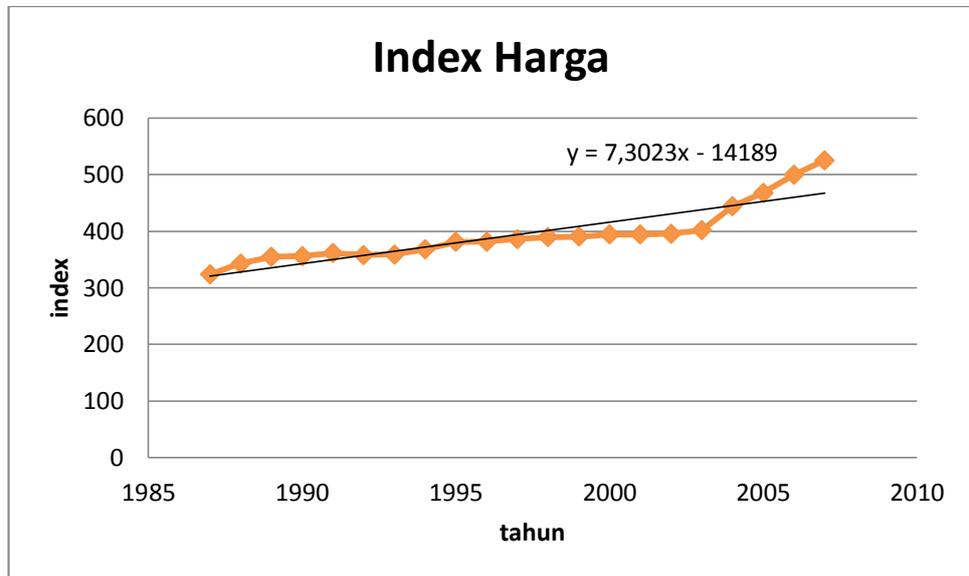
Tabel 4.17. Harga index Chemical Engineering Progress (CEP) pada berbagai tahun

Tahun (X)	indeks (Y)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361.3
1992	358.2

1993	359.2
Tahun(X)	Index (Y)
1994	368.1
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
2000	394.1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2022. Nilai index Chemical Engineering Progress (CEP) pada tahun pendirian pabrik diperoleh dengan cara regresi linier. Dari persamaan regresi linier didapat index pada tahun 2022 adalah sebagai berikut :

Gambar 4.10. Grafik Index Harga



Dengan persamaan regresi linear $y = 7,3023x - 14189$ maka dapat ditentukan pula index harga pada tahun 2022 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.18. Harga index hasil regresi linear pada berbagai tahun

Tahun (X)	Index (Y)
2017	539.13
2018	546.44
2019	553.74
2020	561.04
2021	568.34
2022	575.644

4.8.2. Harga Alat

Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga.

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dimana : E_x : Harga alat pada tahun x

E_y : Harga alat pada tahun y

N_x : Index harga pada tahun x

N_y : Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak ada spesifikasi di referensi maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$E_b = E_a \left[\frac{C_b}{C_a} \right]^{0.6}$$

Dimana: E_a : Harga alat a

E_b : Harga alat b

C_a : Kapasitas alat a

C_b : Kapasitas alat b

Dasar Perhitungan :

a. Kapasitas produksi : 30.000 ton/tahun

b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

c. Nilai kurs : 1 US \$ = Rp 13.500

4.8.3. Capital Investment

Capital investment adalah biaya untuk pengadaan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

Working Capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan/mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

A. FIXED CAPITAL INVESTMENT

Physical Plant Cost (PPC)

1. *Purchased Equipment Cost (PEC)*

a. Harga alat proses = \$ 1.331.664,82

b. Harga alat Utilitas = \$ 1.515.859,68+

Total PEC = \$ 2.847.542,51

2. *Delivered Equipment Cost (DEC)*

Biaya pengangkutan (15% PEC) = $0,15 \times \$ 2.847.542,51$
= \$ 427.128,68

Biaya administrasi dan pajak (10% PEC) = $0,1 \times \$ 2.847.524,51$
= \$ 284.752,45

Total DEC = \$284.752,45 + \$ 284.752,45= \$ 711.811,13

3. Instalasi

$$\begin{aligned}\text{Material (11\% . PEC)} &= 0,11 \times \$2.847.542,51 \\ &= \$ 313.227,70\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Buruh (32\% PEC)} &= 0,32 \times \$ 2.847.542,51 \\ &= \$ 911.207,84\end{aligned}$$

- Buruh Asing = 0,05 x \$ 911.207,84
= \$ 45.560,39

- Buruh Lokal = 0,95 x $\frac{\$ 774.699}{\$ 20}$ x 2 man hour indonesia x Rp. 10.000
= Rp.1.168.624.057

4. Pemipaan

$$\begin{aligned}\text{Material (49\% . PEC)} &= 0,49 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 1.395.287,01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Buruh (37\% PEC)} &= 0,37 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 1.053.584,07\end{aligned}$$

- Buruh Asing = 0,05 x \$ 1.053.584,07
= \$ 52.679,20

- Buruh Lokal = 0,95 x $\frac{\$ 774.699}{\$ 20}$ x 2 man hour indonesia x Rp. 10.000
= Rp. 1.351.221.566

5. Instrumentasi

$$\begin{aligned}\text{Material (24\% . PEC)} &= 0,24 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 683.405,88\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (6\% PEC)} &= 0,06 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 170.851,47 \end{aligned}$$

- Buruh Asing = $0,05 \times \$170.851,47$
= \$ 8.542,57

- Buruh Lokal = $0,95 \times \frac{\$ 170.851,47 \times 2 \text{ man hour indonesia}}{\$ 20 \text{ 1 man hour asing}} \times \text{Rp. } 10.000$
= Rp. 219.117.010,71

6. Isolasi

$$\begin{aligned} \text{Material (3\% . PEC)} &= 0,03 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 85.425,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh (5\% PEC)} &= 0,05 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 142.376,23 \end{aligned}$$

- Buruh Asing = $0,05 \times \$ 142.376,23$
= \$ 7.118,81

- Buruh Lokal = $0,95 \times \frac{\$ 142.376,23 \times 2 \text{ man hour Indonesia}}{\$ 20 \text{ 1 man hour asing}} \times \text{Rp. } 10.000$
= Rp. 182.597.508,92

7. Listrik

$$\begin{aligned} \text{Biaya listrik (10\% . PEC)} &= 1,5 \times \$ 2.847.524,51 \\ &= \$ 42712,87 \end{aligned}$$

8. Bangunan

$$\text{Luas bangunan} = 3310 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga bangunan} = \text{Rp. } 3.500.000/ \text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya bangunan} &= \text{Rp. } 3.500.000/\text{ m}^2 \times 3310 \text{ m}^2 \\ &= \text{Rp. } 11.585.000.000,00 \end{aligned}$$

9. Tanah

$$\text{Luas tanah} = 28095 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah} = \text{Rp. } 3.000.000/\text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tanah} &= \text{Rp. } 3.000.000/\text{ m}^2 \times 28095 \text{ m}^2 \\ &= \text{Rp. } 84.285.000.000 \end{aligned}$$

Dari data-data diatas didapatkan Physical Plant Cost/PPC :

Tabel 4.18. Data Physical Plant Cost (PPC)

No.	Jenis	Biaya(\$)
1	Purchased Equipment Cost	2.847.524,51
2	Delivered Equipment Cost	711.881,13
3	Instalasi Cost	445.352,83
4	Pemipaan	1.548.056,70
5	Instrumentasi	708.179,34
6	Insulasi	106.070,29
7	Listrik	42712,87
8	Bangunan	858148,15
9	Land and yard Improvement	6243333,33
TOTAL		\$13.511.259,14
		Rp 182.401.998.439,00

10. *Engineering dan Construction*

Untuk PPC antara US\$ 1000,000 - US\$ 5000,000, Engineering and Construction 25 % PPC

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,25 \times \$ 13.511.259,14 \\ &= \$ 3.377.814,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Rupiah} &= 0,25 \times \text{Rp } 182.401.998.439,00 \\ &= \text{Rp } 45.600.499.609,75 \end{aligned}$$

Direct Plant Cost (DPC)

Direct Plant Cost (DPC) = PPC + Biaya engineering dan construction

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= \$3.377.814,79 + \$ 13.511.259,14 \\ &= \$ 16.889.073,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= \text{Rp. } 45.600.499.609,75 + \text{Rp. } 182.401.998.439,00 \\ &= \text{Rp. } 22.800.249.804,88 \end{aligned}$$

Indirect Plant Cost (IPC)

11. *Contractor Fee (10 % DPC)*

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,1 \times \$16.889.073,93 \\ &= \$ 1.688.907,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Rupiah} &= 0,1 \times \text{Rp.}228.002.498.049 \\ &= \text{Rp. } 22.800.249.804,88 \end{aligned}$$

12. *Contingency (10 % DPC)*

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,1 \times \$ 16.889.073,93 \\ &= \$ 1.688.907,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Rupiah} &= 0,1 \times \text{Rp. } 228.002.498.049 \\ &= \text{Rp. } 22.800.249.804,88 \end{aligned}$$

Tabel 4.20 Fixed Capital Investment = Direct Plant Cost + Indirect Plant Cost

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	16.889.073,93	228.002.498.049
<i>Indirect Plant Cost (IPC)</i>		
- <i>Contractor Fee</i>	1.688.907,39	22.800.249.804,88
- <i>Contingency</i>	1.688.907,39	22.800.249.804,88
Total FCI =	20.266.888,72	273.602.997.658,50

$$\text{Total FCI (dalam Rupiah)} = \text{Rp. } 1.051.293.049.213,80$$

B. WORKING CAPITAL INVESTMENT

1. *Raw Material Inventory* (waktu penyimpanan bahan baku 7 hari)

$$\begin{aligned} \text{-Rupiah} &= (7\text{hari}/330 \text{ hari}) \times \text{Total raw material} \\ &= (7\text{hari}/330 \text{ hari}) \times \text{Rp. } 520.736.659.877 \\ &= \text{Rp. } 11.045.929.149 \\ \text{Dollar} &= (7/330) \times \$ 38.573.085,92 \\ &= \$818.217,97 \end{aligned}$$

2. *Inprocess Inventory* (Persediaan bahan baku dalam proses untuk 1 hari proses)

$$= (1 \text{ hari}/330 \text{ hari}) \times (50\% \times \text{Total manufacturing cost})$$

$$\text{- Rupiah} = (1/330) \times (0,5 \times \text{Rp. } 993.072.269.32)$$

$$= \text{Rp. } 1.504.654.954$$

$$\text{-Dollar} = (1/330) \times \$ 73.560.908,84$$

$$= \$ 111.455,92$$

3. *Product Inventory* (waktu penyimpanan produk 14 hari)

$$= (15 \text{ hari}/330 \text{ hari}) \times \text{Total manufacturing cost}$$

$$\text{- Rupiah} = (15/330) \times \text{Rp. } 993.072.269.321$$

$$= \text{Rp. } 45.139.654.954$$

$$\text{-Dollar} = (15/330) \times \$ 73.560.908,84$$

$$= \$ 3.343.677,67$$

4. *Extended Credit* = (7 hari/330 hari) x Penjualan produk

$$\text{- Rupiah} = (7 \text{ hari}/330 \text{ hari}) \times \text{Rp. } 1.620.479.364.006$$

$$= \text{Rp. } 34.383.973.018,44$$

$$\text{-Dollar} = (7 \text{ hari}/330 \text{ hari}) \times \$ 120.071.016,89$$

$$= \$ 254.696,96$$

5. *Available Cash* (untuk 1 bulan)

$$= (30 \text{ hari}/330 \text{ hari}) \times \text{Total manufacturing cost}$$

$$\text{- Rupiah} = (30/330) \times \text{Rp. } 993.072.269.321$$

$$= \text{Rp. } 90.279.297.210,99$$

$$\begin{aligned} \text{-Dollar} &= (30/330) \times \$73.560.908,84 \\ &= \$6.687.355,35 \end{aligned}$$

Tabel 4.21. Total Working Capital Investment

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw material inventory</i>	11.045.929.149	818216,97
<i>Inprocess Inventory</i>	1.504.654.954	111.455,92
<i>Produk inventory</i>	45.139.648.605,50	3.343.677,67
<i>Extended credit</i>	34.383.973.018,44	2546960,964
<i>Available cash</i>	90.279.297.210,99	6.687.355,35
Total WCI =	182.353.502.937	13.507.666,88

4.8.4. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah direct, indirect dan fixed manufacturing cost, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

- a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)* adalah pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu produk
- b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)* adalah pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk
- c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)* adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi

A. Direct Manufacturing Cost (DMC)

1. Bahan Baku :

a. Asetaldehid

Harga = Rp 27.000/kg

Kebutuhan = 13.197.175,20 kg/tahun

Biaya = Rp 27.000/kg x 41.333.279 kg/tahun
= Rp. 356.323.730.400

b. Benzaldehid

Harga = Rp. 13.500/kg

Kebutuhan = Rp. 24.987.916,800

Biaya = Rp. 13.500/kg x Rp. 24.987.916,800
= Rp. 337.336.876.800

c. Natrium Hidroksida

Harga = Rp. 5.973/kg

Kebutuhan = 893.995,20 kg/tahun

Biaya = Rp.5.973/kg x 893.995,20 kg/tahun
= Rp. 5.237.917.877

d. Asam Sulfat

Harga = Rp.1.596/kg

Kebutuhan = 1.028.999,40 kg/tahun

Biaya = Rp. 1.596/kg x 1.028.999,40 kg/tahun

= Rp. 1.611.361.382

Total biaya bahan baku = Rp. 698.898.525.077

2. Produk :

a. Cinnamaldehyd

Harga = Rp. 55.041/kg

Produksi = 30.000.000 kg/tahun

Annual Penjualan = Rp. 55.041 /kg x 30.000.000 kg/tahun

= Rp. 1.620.000.000.000

Produk Samping

Asetaldehid

Harga = Rp. 41.295/kg

Produksi = 3.470.702,4 kg/tahun

Annual Penjualan = Rp. 41.295 /kg x 3.470.702,4 kg/tahun

= Rp. 140.563.431.000

3. Gaji karyawan

Total Gaji karyawan = Rp. 1.188.500.000/bulan

Total Gaji karyawan per tahun = Rp. 1.188.500.000/bulan x 12 bulan
= Rp. 14.262.000.000

4. *Supervision* (10-25% Gaji karyawan)

-Rupiah = 2,5 x Rp. 14.262.000.000
= Rp. 3.565.500.000

-Dollar = 2,5 x \$1.056.444,44
=\$264.111,11

5. *Maintenance* (2-100% FCI)

- Dollar = 0,7x \$ 20.266.888,72
= \$14.186.822,10

- Rupiah = 0,7 x Rp. 273.602.997.658,50
= Rp. 191.522.098.360,95

6. *Plant Suplies* (15% Maintenance)

- Dollar = 1,5 x \$14.186.822,10
= \$2.128.023,32

- Rupiah = 1,5 x Rp. 191.522.098.360,95
= Rp. 28.728.314.754,14

7. *Royalty dan Pattent* (1-5% Penjualan)

-Rupiah = 0.05 x Rp. 1.760.563.431.000
= Rp. 88.028.171.550

$$\begin{aligned} \text{-Dollar} &= 0,05 \times \$130.412.106,00 \\ &= \$ 6.520.605,30 \end{aligned}$$

8. Total biaya kebutuhan bahan untuk Utilitas = Rp. 22.698.523.467,70

Tabel 4.22. Total Direct Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Bahan baku	698.898.525.077	51.770.261
Gaji karyawan	14.262.000.000	1.056.444,44
<i>Supervision</i>	3.565.500.000	264.111,11
<i>Maintenance</i>	191.522.098.360,95	14.186.822,10
<i>Plant supplies</i>	28.728.314.754,14	2.128.023,32
<i>Royalty dan patent</i>	88.028.171.550	6.520.605,30
Kebutuhan untuk utilitas	22.698.523.467,70	1.681.372,11
Total DMC =	1.047.703.133.209,71	77.607.639,50

B. Indirect Manufacturing Cost

1. *Payroll Overhead* (15-20% Gaji karyawan)

$$\begin{aligned} \text{-Rupiah} &= 0,2 \times \text{Rp. } 14.262.000.000 \\ &= \text{Rp. } 2.852.400.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Dollar} &= 0,2 \times \$1.056.444,44 \\ &= \$ 211.288,89 \end{aligned}$$

2. Laboratorium (10-20% Gaji karyawan)

- Rupiah = $0,2 \times \text{Rp. } 14.262.000.000$

= Rp. 2.852.400.000

-Dollar = $0,2 \times \$1.056.444,44$

= \$211.288,89

3. *Plant Overhead* (50-100% Gaji karyawan)

-Rupiah = $0,5 \times \text{Rp. } 14.262.000.000$

= Rp. 7.131.000.000

-Dollar = $0,5 \times \$ 1.056.444,44$

= \$528.222,22

4. *Packing and shipping* (5 % penjualan)

-Rupiah = $0,05 \times \text{Rp. } 1.760.563.431.000$

= Rp88.028.171.550

-Dollar = $0,05 \times \$130.412.106,00$

= \$6.520.605,30

Tabel 4.23. Total *Inderect Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
<i>Payroll overhead</i>	2.852.400.000	211.288,89
Laboratorium	2.852.400.000	211.288,89
<i>Plant overhead</i>	7.131.000.000	528.222,22
<i>Packing and shipping</i>	88.028.171.550	6.520.605,30
Total IMC =	100.863.971.550	7.471.405,30

C. Fixed Manufacturing Cost

1. *Depresiasi* (8-10% FCI)

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,1 \times \$20.266.888,72 \\ &= \$2.026.688,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= 0,1 \times \text{Rp}273.602.997.658,50 \\ &= \text{Rp. } 27.360.299.765,85 \end{aligned}$$

2. *Property Tax* (1-2% FCI)

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,02 \times \$20.266.888,72 \\ &= \$405.337,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= 0,02 \times \text{Rp}273.602.997.658,50 \\ &= \text{Rp.}5.472.059.953 \end{aligned}$$

3. *Asuransi* (1% FCI)

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,01 \times \$20.266.888,72 \\ &= \$202.668,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= 0,01 \times \text{Rp}273.602.997.658,50 \\ &= \text{Rp. } 2.736.029.977 \end{aligned}$$

Tabel 4.24. Total Fixed Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depresiasi</i>	27.360.299.765,85	2.026.688,87
<i>Property tax</i>	5.472.059.953	405.337,77
<i>Asuransi</i>	2.736.029.977	202.668,89
Total FMC =	35.568.389.696	2.634.695,53

Tabel 4.25. Total Manufacturing Cost (MC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost</i>	1.047.703.133.209,71	77.607.639,50
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	100.863.971.550	7.471.405,30
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	35.568.389.696	2.634.695,53
Total MC =	1.184.135.494.455	87.713.740,33

4.8.5. General Expense

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

1. Administrasi (3-6% MC)

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,06 \times \$87.713.740,33 \\ &= \$5.262.824,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= 0,06 \times \text{Rp. } 1.184.135.494.455 \\ &= \text{Rp. } 71.048.129.667,32 \end{aligned}$$

2. Penjualan (5-22% MC)

$$\begin{aligned} \text{- Dollar} &= 0,22 \times \$87.713.740,33 \\ &= \$19.297.022,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Rupiah} &= 0,22 \times \text{Rp}1.184.135.494.455 \\ &= \text{Rp. } 260.509.808.780,17 \end{aligned}$$

3. *Research* (3,5-8% MC)

- Dollar = $0,04 \times \$87.713.740,33$

= \$3.508.549,61

- Rupiah = $0,04 \times \text{Rp}1.184.135.494.455$

= Rp. 47.365.419.778,21

3. *Finance* (2-4% WCI+FCI)

- Dollar = $0,04 \times (\$20.266.888,72 + \$15.958.338,65)$

= \$1.449.009,09

- Rupiah = $0,04 \times (\text{Rp}273.602.997.658,50 + \text{Rp}215.437.571.789)$

= Rp. 19.561.622.777,89

Tabel 4.26. Total General Expense

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Administrasi	71.048.129.667,32	5.262.824,42
<i>Sales expense</i>	260.509.808.780,17	19.297.022,87
<i>Research</i>	47.365.419.778,21	3.508.549,61
<i>Finance</i>	19.561.622.777,89	1.449.009,09
Total GE =	398.484.981.004	29.517.406,00

4.8.6. Total Biaya Produksi

$$\begin{aligned}\text{Total Biaya Produksi} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{General Expense} \\ &= \text{Rp}1.184.135.494.455 + \text{Rp}398.484.981.004 \\ &= \text{Rp. } 1.582.620.475.459\end{aligned}$$

4.8.7. Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

$$\begin{aligned}\text{Total Penjualan} &= \text{Rp. } 1.760.563.431.000 \\ \text{Total Biaya Produksi} &= \text{Rp. } 1.582.620.475.459 \\ \text{Keuntungan sebelum pajak} &= \text{Rp. } 177.942.955.541\end{aligned}$$

b. Keuntungan Sesudah Pajak

$$\begin{aligned}\text{Pajak (30\% keuntungan)} &= \text{Rp. } 53.382.886.662 \\ \text{Keuntungan sesudah pajak} &= \text{Keuntungan sebelum pajak} - \text{pajak} \\ &= \text{Rp. } 124.560.068.879\end{aligned}$$

4.8.9. Analisa Kelayakan

1. Return on Investment (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Profit (keuntungan)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

a. Sebelum Pajak

$$\begin{aligned}ROI_b &= \frac{\text{Profit (keuntungan sebelum pajak)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\% \\ &= 65,04 \%\end{aligned}$$

Batasan : *Minimum High Risk*, $ROI_b = 44 \%$

Kesimpulan : Pabrik memenuhi syarat

b. Sesudah Pajak

$$ROI_a = \frac{\text{Profit (keuntungan sesudah pajak)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$
$$= 45,53 \%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

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

a. Sebelum Pajak

$$POT_b = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}}$$
$$= 1,33 \text{ tahun}$$

Batasan : *Maximum High Risk*, $POT_b = 2 \text{ tahun}$

Kesimpulan : Pabrik memenuhi syarat

b. Sesudah Pajak

$$POT_a = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan sesudah pajak} + \text{Depresiasi}}$$
$$= 1,8 \text{ tahun}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan break even point kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan.

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

a. Annual Fixed Cost (Fa)

Depresiasi = Rp. 27.360.299.766

Proerty Tax = Rp.5.472.059.953

Asuransi = Rp2.736.029.977

Total = Rp. 35.568.389.696

c. Annual Regulated Expenses (Ra)

Gaji karyawan = Rp.14.262.000.000

Payroll Overhead = Rp.2.852.400.000

Supervision = Rp.3.565.500.000

Plant Overhead = Rp.7.131.000.000

Laboratorium = Rp.2.852.400.000

General Expense = Rp.398.484.981.004

Maintenance = Rp.191.522.098.361

Plant Supplies = Rp.28.728.314.754

Total = Rp. 649.398.694.119

d. Variable Cost (Va)

Raw Material = Rp. 698.898.525.077

Packing and Shipping = Rp. 88.028.171.550

Utilitas = Rp. 22.698.523.468

Royalty dan Patent = Rp. 88.028.171.550

Total = Rp. 897.653.391.645

e. Annual Sales Value (Sa) = **Rp. 1.760.563.431.000**

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

$$= 56,42 \%$$

Batasan : Chemical Industry, BEP = 40 -60 %

Kesimpulan : Pabrik memenuhi syarat

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar fixed cost.

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

$$= 31,81 \%$$

5. Discounted Cash Flw Rate (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

Umur pabrik (n) = 10 tahun

$$\begin{aligned} \text{Cash flow (CF)} &= \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance} \\ &= 19.561.622.777,89 + 27.360.299.766 + 124.560.068.879 \\ &= \text{Rp. } 171.481.991.423 \end{aligned}$$

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$\frac{(\text{WC} + \text{FCI}) \times (1+i)^{10}}{\text{CF}} = \left[(1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i) + 1 \right] + \frac{(\text{WC} + \text{SV})}{\text{CF}}$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 18,85 \%$

$$\text{DCFR} = 18,85 \%$$

Batasan : *Minimum* Nilai DCFR = 1,5 x bunga bank

Bunga bank : 10 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat (1,5 x 10% = 15 %)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik metil klorida dengan bahan baku asetaldehid dan benzaldehid dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena :

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik metil klorida dengan bahan baku asetaldehid dan benzaldehid ini tergolong pabrik beresiko rendah.

2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

- 1) Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp. 177.942.955.541 /tahun, dan keuntungan setelah pajak (30%) sebesar Rp. 124.560.068.879 /tahun.

- 2) *Return On Investment* (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 65,04 % dan ROI setelah pajak sebesar 45,53 % . Syarat ROI setelah pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah adalah minimal 11 % (Aries & Newton, 1955).

- 3) *Pay Out Time* (POT) :

POT sebelum pajak selama 1,33 tahun dan POT setelah pajak selama 1,8 tahun. Syarat POT setelah pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maximum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

- 4) *Break Event Point* (BEP) pada 56,42 % dan *Shut Down Point* (SDP) pada 31,81% . BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
- 5) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 18,85 % . Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank ($1,5 \times 10\% = 15\%$).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik cinnamaldehyd dari asetaldehyd dan benzaldehyd dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton, R.D, 1954, “ *Chemical Engineering Cost Estimation* “, Mc GrawHill Book Co. Inc, New York
- Brown, G.G, 1978, “ *Unit Operation* “, 14th ed, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Brownell, L.E and Young, E.H, 1983, “ *Process Equipment Design* “, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, “ *Chemical Equipment Design* “, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, “ *Chemical Equipment Design* “, vol 6, Pergamon Press, Oxford
- Fogler, H.S., 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition, Prentice Hall PTR, New Jersey
- Hill, C.G, 1996, “ *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design* “, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Kern, D.Q, 1985, “ *Process Heat Transfer* “, Mc GrawHill Book Co. Ltd, New York
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1997, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, 4th ed., The Interscience Encyclopedia Inc, New York
- Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd edition, John Wiley & Sons, New York
- Ludwig, E.E, 1984, “ *Aplied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants* “, 2nd ed, vol 1, 2, 3., Gulf Publishing Company
- Mc Cabe, W.L, Smith, J.C, and Harriot, P., 1985, “ *Unit Operation of Chemical Engineering* “, 4th ed, Mc GrawHill Book Co. Singapore
- Mc Ketta, J.J and Cunningham, W.A, 1975, “ *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* “, vol 1, Marcell Decker. Inc, New York
- Perry, R.H and Chilton, C.H, “ *Chemical engineering’s Hand Book* “, 6th ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo

- Peters, M.S and Timmerhouse, K.D., and West., R.E., 2004, “ *Plant Design and Economic's for Chemical engineering's* “, 5th ed, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York
- Rase, H.F and Barrow, M.H, 1957, “ *Chemical Reactor Design for Process Plant* “, John wiley and Sons. Inc, New York
- Smith, J.M, 1973, “ *Chemical Engineering Kinetic's* “, 3rd ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo
- Smith, J.M and Van Ness, H.C, “ *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic's* “, 2nd ed, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York
- Thyagarajan, M.S., Kumar, R, and Kuloor, N.R, 1966, *Hydrochlorination of Methanol to Methyl Chloride in Fixed Catalyst Bed, L&EC Process Design And Development Vol. 5* 1966, Bangalore
- Treyball, R.E, 1979, “ *Mass Transfer Operation's* ”, 3rd ed, Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo
- Ulrich, G.D, 1984, “ *A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic's* “, John Wiley and Sons. Inc, New York
- Wallas, Stenley, M., 1991, “ *Chemical Process Equipment Selection and Design* “, Mc GrawHill Book Co., Tokyo
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook, McGraw Hill Companies Inc.*, USA

