



BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK

Metil klorida merupakan salah satu bahan yang sangat dibutuhkan dalam industri silikon, bahan obat – obatan untuk pertanian, bahan dalam industri karet sintetis, sebagai bahan baku pembuatan *methyl cellulose*, pembuatan aditif bahan bakar (*Tetra Ethyl Lead*), dan dapat digunakan sebagai bahan dalam industri pembersih seperti pembersih lantai, dan lain-lain. (Kirk and Othmer, 1977)

Kebutuhan metil klorida di dalam negeri cukup besar sehingga untuk mencukupinya masih harus mengimpor dari luar negeri (dari Amerika Serikat dan negara-negara Eropa). Adanya pabrik metil klorida ini diharapkan akan memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain itu akan membuka kesempatan bagi Indonesia menjadi negara pengekspor metil klorida ke luar negeri. Selain itu akan merangsang tumbuhnya industri-industri yang memproduksi metil klorida menjadi bahan lain sehingga perekonomian negara meningkat.

Di samping itu dengan didirikan pabrik ini akan membuat kesempatan terciptanya lapangan kerja baru, dan juga dengan adanya pabrik metil klorida ini akan mendorong berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan metil klorida sebagai bahan baku utama di dalam prosesnya. Pendirian pabrik ini didukung dengan adanya pabrik methanol dan HCl di Indonesia sebagai bahan baku utamanya. Kebutuhan metil klorida dalam negeri dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring

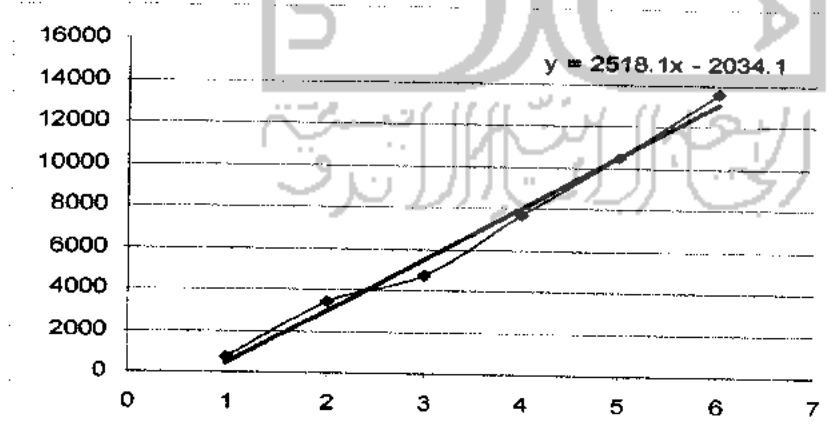


dengan perkembangan industri yang menggunakannya. Dari data Balai Pusat Statistik :

Tabel 1.1 Import metil klorida

No	Tahun	Berat (Ton)	Nilai (\$ US)
1.	2001	739,690	179.487,3
2.	2002	3.474,00	2.489.463,2
3.	2003	4.731,00	3.243.735
4.	2004	7.683,834	6.538.872,4
5.	2005	10.467,23	8.465.354,8
6.	2006	13.579,959	10.242.659,8

Berdasarkan tabel 1.1 di atas maka dapat diketahui kebutuhan metil klorida setiap tahun semakin meningkat sehingga diperlukan metode untuk memproduksi metil klorida dengan bahan baku murah, mudah dan dapat menghasilkan metil klorida dengan maksimum.



Gambar 4.1. Grafik penentuan kapasitas pabrik

berdasarkan dari grafik diatas maka diperoleh kebutuhan metal klorid pada tahun 2010 adalah 23.146,9 ton. Sehingga diambil kapasitas 40.000 ton/tahun dengan pertimbangan sisa 16.853,1 ton akan di ekspor keluar negeri.



Adapun kegunaan metil klorida dapat dilihat pada tabel 1.2 di bawah ini.

Tabel 1.2 Kegunaan metil klorida

No	Tahun			
	Industri	1970	1974	1989
1.	Silikon	38%	50%	74%
2.	Tetramethyllead	38%	30%	-
3.	Buthyl Rubber	5%	5%	2%
4.	Pertanian	-	-	7%
5.	Metyl Selulosa	-	-	6%
6.	Gua ternary amin	-	-	5%
7.	Lain-lain	19%	15%	24%

Sumber : Kirk and Othmer 1989

Oleh sebab itu tujuan dari perancangan pabrik adalah untuk memenuhi kebutuhan metil klorida dalam negeri maupun ekspor dengan menggunakan proses reaksi metanol dan HCl.

1.1.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Rencana pabrik akan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur.

Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik pada umumnya sebagai berikut :

1.1.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

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

1. Penyediaan bahan baku



Penyediaan bahan baku relatif mudah karena bahan baku methanol tidak perlu mengimpor, melainkan dapat diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri

2. Pemasaran

Produk pabrik ini merupakan bahan baku untuk pembuatan silikon, tetramethyllead, karet sintetis, metil selulosa dan industri pertanian. Pemasarannya diharapkan untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan ekspor, sehingga lokasi pabrik dipilih dekat pelabuhan.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik, karena Bontang, Kaltim merupakan kawasan industri, maka kebutuhan tersebut diharapkan dapat dipenuhi dengan mudah.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan didirikannya pabrik di Bontang, Kaltim akan dapat menyerap tenaga kerja potensial yang cukup banyak terdapat di sekitar lokasi tersebut.

5. Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk, terdapat transportasi yang lancar baik darat dan laut.

1.1.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

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



1. Perluasan Area Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri Bontang, Kaltim yang relatif tidak padat penduduknya sehingga masih memungkinkan perluasan area pabrik.

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih di daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
 - b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
 - c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
 - d. Transportasi yang baik dan efisien.
- ### 3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank, dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

1.2 TINJAUAN PUSTAKA

Metil klorida atau disebut klorometan merupakan senyawa organik yang mengandung gugus klorida dengan rumus CH_3Cl , mempunyai sifat-sifat antara lain



berupa zat cair tidak berwarna yang mudah menguap, berbau khas, larut dalam air, titik didih 249 K sehingga disimpan dalam tekanan 5 atm, dan densitas 353 g/lit. (Perry and Green, 1984)

Metil klorida dapat dibuat dengan beberapa proses, antara lain adalah :

1. Metil klorida dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku metana yang diklorinasi dengan gas klorin (Cl_2) pada suhu sekitar 400°C dengan tekanan 20 atm. Reaksi yang terjadi :



Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu sekitar 90 % metana menjadi metil klorida, dengan kemurnian produk akhir mencapai 99 %.

(Kirk and Othmer, 1977)

2. Metil klorida dihasilkan oleh reaksi antara metanol dan asam klorida dengan bantuan katalis, uap metanol dan asam klorida diumpankan secara equimolar yang mana keduanya mengalami penguapan terlebih dahulu. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Campuran gas kemudian dimasukkan kedalam reaktor pipa jenis *fixed bed multitube* pada temperature 350°C dan tekanan 1,3 atm. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 95% metanol menjadi metil klorida, dengan menggunakan katalis alumina gel yang berdiameter 2 mm, kemudian dipisahkan dalam separator dimana fase uap akan direcycle ke reaktor dan fase cair diumpankan ke menara distilasi untuk dipisahkan dan dimurnikan



dan akhirnya dihasilkan metil klorida dengan kemurnian 99,5 % sebagai produk utama dan methanol, air sebagai produk samping. (Faith, dkk, 1955).

Dari perbandingan kedua proses di atas maka pembuatan metil klorida direncanakan dengan menggunakan proses reaksi antara metanol dan asam klorida (proses 2) dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a) Kondisi operasi yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan pembuatan metil klorid dari metana dan klor sehingga energi yang dibutuhkan lebih rendah.
- b) Dengan menggunakan katalisator alumina gel dapat diperoleh konversi reaksi 95 % dibandingkan dengan reaksi klorinasi yang konversi reaksinya hanya 90 % dan juga tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi. (US Patent 5,321,171 Tahun 1994)
- c) Tingkat kemurnian produk metil klorida yang didapatkan lebih tinggi sebesar 99,5 % dibandingkan dengan reaksi klorinasi yang hanya 99 %.
- d) Bahan baku yang digunakan memiliki sifat fisis (khususnya titik didih) yang sangat berbeda dari produk (metil klorida) sehingga pemisahan antara produk dan sisa bahan baku yang tidak bereaksi menjadi lebih mudah, dan peralatan yang digunakan menjadi lebih sederhana.



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan metil klorida dirancang berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Produk : metil klorida (Coulson and Richardson, 1989)

Rumus molekul	: CH_3Cl
Kenampakan	: Cairan bening tak berwarna
Berat molekul	: 50,5
Densitas	: 0,353 g/cc
Titik didih normal	: 249 K, (1 atm)
Kemurnian	: 99,5 % metil klorida, 0,5 % impurities.

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Bahan Baku

1. Metanol (Coulson and Richardson, 1989)

Rumus molekul	: CH_3OH
Kenampakan	: Cairan bening tak berwarna
Berat molekul	: 32





Densitas	: 0,786 g/cc
Titik didih normal	: 338 K
Kemurnian	: 96 % metanol, 4 % air.

2. Asam klorida (Coulson and Richardson, 1989)

Rumus molekul	: HCl
Kenampakan	: Cairan bening tak berwarna
Berat molekul	: 36,5
Densitas	: 1,475 g/cc
Titik didih normal (murni)	: 188 K
Kemurnian	: 37 % HCl, 63 % air.

2.2.2 Bahan Pembantu

Katalisator : alumina gel (US Patent 5,321,171 Tahun 1994)

Rumus molekul : Al_2O_3

Kenampakan : Padatan silinder

Berat molekul : 102

True density : 3,98 g/cc

Porositas : 0,384 void fraction.

Diameter ekivalen : 3,696 mm

Luas permukaan : 200 m²/g



2.3 Pengendalian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu daya tarik konsumen terhadap suatu produksi. Oleh sebab itu mempertahankan mutu barang merupakan salah satu hal yang terpenting yang memerlukan perhatian khusus dari perusahaan.

Untuk mempertahankan dan menjaga mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan :

1. Menjaga kualitas produk dari segi :
 - Kadar produk minimum 98 % sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan pasar
 - Performance fisik yang meliputi : bau, warna, packing, dan lain-lain
 - Menjaga kebersihan produk baik saat proses maupun pasca proses
2. Melakukan pengendalian mutu sesuai standar ISO 9001 maupun ISO 14001 baik pada prosesnya maupun dampak lingkungan,. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara :
 - Uji laboratorium produk setiap hari (intern pabrik)
 - Uji produk secara berkala sesuai peraturan standar mutu yang berlaku
 - Survei kepada konsumen
3. Memastikan semua peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga dapat diperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



BAB III

PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik metil klorida perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Secara garis besar proses pembuatan metil klorida dapat dibagi menjadi 3 tahap proses, yaitu :

1. Persiapan Bahan baku
2. Proses Reaksi dalam Reaktor
3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan metil klorida dengan fase gas adalah metanol dan asam klorida.

Metanol dengan kadar 96 % berat diumpankan dari tangki penyimpanan 01 yang bekerja pada suhu 305 K, tekanan 1 atm diumpankan ke dalam vapourizer 01 yang bekerja pada tekanan 1,5 atm dengan suhu 353 K untuk diuapkan. Hasil keluar vapourizer 01 yang berupa campuran uap cair kemudian dipisahkan dalam separator drum 01. Hasil atas separator yang berupa uap kemudian diumpankan ke reaktor,



sedangkan hasil bawah separator yang berupa cairan di recycle kembali ke vapourizer 01 untuk diuapkan.

Asam klorida dengan kadar 37% berat diumpankan dari tangki penyimpan 02 yang bekerja pada suhu 305 K, tekanan 1 atm, diumpankan ke dalam vapourizer 02 untuk diuapkan. Hasil keluar vapourizer 02 yang berupa campuran uap cair kemudian dipisahkan dalam separator drum 02 yang bekerja pada tekanan 1,5 atm, suhu 367.15 K. Hasil atas separator yang berupa uap kemudian diumpankan ke reaktor, sedangkan hasil bawah separator yang berupa cairan di recycle kembali ke vapourizer 02 untuk diuapkan.

2. Reaksi dalam Reaktor

Gas campuran metanol dengan asam klorida bersama dengan gas recycle dari separator drum 03 (SD-03) diumpankan melalui bagian atas reaktor *fixedbed multitube* di mana reaksi akan terjadi dengan bantuan katalisator Alumina Gel setelah sebelumnya umpan gas dipanaskan dengan memanfaatkan panas gas keluar reaktor hingga suhu 623 K.

Reaktor bekerja pada tekanan umpan 1,30 atm dan suhu umpan 623 K. Reaktor bekerja secara nonisotermal nonadiabatis. Dalam reaktor terjadi reaksi antara metanol dan asam klorida membentuk metil klorida dengan konversi total 95% terhadap metanol. Reaksi berjalan eksotermis sehingga perlu pendinginan untuk menjaga suhu reaksi, pendingin yang digunakan adalah Dowterm A cair.



3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

Gas keluar reaktor yang masih bersuhu tinggi kemudian didinginkan dan dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan umpan reaktor. Setelah didinginkan gas keluar reaktor kemudian di embunkan sebagian di kondenser 01 (CD-01) yang bekerja pada suhu 351,8 K tekanan 1,2 atm. Hasil keluar kondenser yang berupa campuran uap-cair selanjutnya diumpankan ke separator drum 03 (SD-03) untuk memisahkan gas dan cairan. Hasil gas keluar SD-03 selanjutnya diumpankan kembali ke reaktor bersama umpan metanol dan HCl, sedangkan hasil bawah SD-03 yang berupa cairan selanjutnya ditekan hingga 5 atm dan diumpankan ke menara distilasi 01 (MD-01) untuk dimurnikan. Hasil atas menara distilasi 01 yang berupa metil klorida dengan kemurnian 99,48 % dengan suhu 319 K kemudian diumpankan dalam tangki penyimpan produk (TP-03). Sedangkan hasil bawah menara distilasi 01 yang berupa air dan sedikit metanol kemudian dibuang ke unit pengolahan limbah.

3.2 Metode Penentuan Perancangan

Pengaturan perencanaan pendirian pabrik metil klorida dari bahan baku metanol dan asam klorida dengan kapasitas 40.000 ton/tahun meliputi : neraca massa, neraca panas dan spesifikasi alat.

3.2.1 Penentuan Neraca Massa

Pengaturan neraca massa pendirian pabrik metil klorida dari bahan baku metanol dan asam klorida dengan kapasitas 40.000 ton/tahun meliputi :

1. Neraca massa total
2. Neraca massa vapourizer 01



3. Neraca massa vapourizer 02
4. Neraca massa reaktor
5. Neraca massa separator drum 03
6. Neraca massa menara distilasi 01

Basis Perhitungan Neraca Massa :

Kapasitas Produk : 40.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja

Basis Perhitungan : 1 jam

$$= \left[\frac{40.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right] \times \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$

$$= 5.050,5050 \text{ kg/jam}$$

1. Neraca Massa Total

Tabel 3.1 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
		Produk	Limbah
CH ₃ Cl	-	5.026,2187	92,1303
CH ₃ OH	3.544,3977	3,1861	156,1204
HCl	10.059,6678	22,7267	-
H ₂ O	-	-	8.303,7338
		5.052,1315	8.551,9844
Total	13.604,0655	13.604,0655	



2. Vaporizer 01

Tabel 3.4 Neraca massa Vaporizer 01

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Tangki-01	Recycle SD-01	
CH ₃ OH	3.402,6218	850,6554	4.253,2772
H ₂ O	141,7759	35,4440	177,2199
	3.544,3977	886,0994	
Total	4.430,4971		4.430,4971

3. Separator Drum 01 (SD-01)

Tabel 3.3 Neraca massa Separator Drum 01

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
		Top (inlet Reaktor)	Bottom(recycle)
CH ₃ OH	4.253,2772	3.402,6218	860,6554
H ₂ O	177,2199	141,7759	35,4440
		3.544,3977	886,0994
Total	4.430,4971	4.430,4971	

4. Vaporizer 02 (VP-02)

Tabel 3.4 Neraca massa Vaporizer 02

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam
	Tangki-02	Recycle SD-02	
HCl	3.722,0771	930,5193	4.652,5964
H ₂ O	6.337,5907	1.584,3977	7.921,9884
	10.059,6678	2.514,9170	
Total	12.574,5848		12.574,5848



5. Separator Drum 02 (SD-02)

Tabel 3.5 Neraca massa Separator Drum 02

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
		Top (inlet Reaktor)	Bottom(recycle)
HCl	4.652,5964	3.722,0771	930,5193
H ₂ O	7.921,9884	6.337,5907	1.584,3977
		10.059,6678	2.514,9170
Total	12.574,5848	12.574,5848	

6. Reaktor Fixed Bed Multitube (RK-01)

Tabel 3.6 Neraca massa Reaktor Fixed Bed Multitube (RK-01)

Komponen	Masuk, kg/jam			Keluar, kg/jam
	SD-01	SD-02	Recycle SD-03	
CH ₃ OH	3.402,6218	-	11,3092	170,6965
HCl	-	3.722,0771	41,9398	64,7026
CH ₃ Cl	-	-	929,3493	6.047,5787
H ₂ O	141,7759	6.337,5907	153,1154	8.456,8014
	3.544,3977	10.059,6678	1.135,7137	
Total	14.739,7792			14.739,7792



7. Separator Drum 03 (SD-03)

Tabel 3.7 Neraca massa Separator Drum 03

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
		Top (recycle)	Bottom (inlet MD)
CH ₃ OH	170,6965	11,3092	159,3873
HCl	64,7026	41,9398	22,7628
CH ₃ Cl	6.047,5787	929,3493	5.118,2294
H ₂ O	8.456.8014	153,1154	8.303,6861
		1.135,7137	13.604.0655
Total	14.739,7792	14.739,7792	

8. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.8 Neraca massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam	
		Top (produk)	Bottom (limbah cair)
CH ₃ OH	159,3873	3,1877	156,1996
CH ₃ Cl	5.118,2294	5.026,1012	92,1281
HCl	22,7628	22,7628	-
H ₂ O	8.303,6861		8.303,6861
		5.052,0517	8.552,0138
Total	13.604,0655	13.604,0655	

3.2.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas Overall Pabrik

Basis perhitungan Enthalpi semua senyawa pada suhu referensi 298 K = 0

$$\text{Enthalphi} \quad H = \sum m.C_p.(T - 298)$$



Tabel 3.9 Neraca Panas Overall Pabrik

Keterangan : Suhu Referensi 25°C

No	Arus	Masuk, kJ/j	Keluar, kJ/j
1	Umpan segar metanol	84.367	
2	Umpan HCl	187.128	
3	Heat Exchanger 01	3.100.080	3.100.080
4	Heat Exchanger 02	1.343.930	1.343.930
5	Heat Exchanger 03	7.029.938	7.029.938
6	Heat Exchanger 04		4.308.634
7	Heat Exchanger 05	2.195.279	
8	Heat Exchanger 06		
9	Condenser 01		21.566.914
10	Condenser 02		2.491.978
11	Reboiler 01	6.301.275	
12	Cooler Reaktor 01		1.343.930
13	Vapourizer 01	4.526.433	
14	Vapourizer 02	16.998.829	
15	Hasil bawah MD-01		6.042.266,40
16	Produk		58.662
17	Panas Reaksi RK-01	7.965.739	
18	Heatloss		348.696
	Jumlah	55.134.574	55.134.574



2. Neraca Panas Reaktor 01

Tabel 3.10 Neraca Panas Reaktor

No	Arus	Masuk, kJ/j	Keluar, kJ/j
1	Umpan Gas Masuk	7.029.938	
2	Gas Keluar		13.539.713
3	Panas Reaksi	7.965.739	
4	Panas Hilang		112.034
5	Panas diambil pendingin		1.343.930
	Jumlah	14.995.677	14.995.677

3. Neraca Panas Vapourizer 01

Tabel 3.11 Neraca Panas Vapourizer 01

No	Arus	Masuk, kJ/j	Keluar, kJ/j
1	Umpan Cairan Masuk	84.367	
2	Gas Keluar		4.607.842
3	Panas dr pemanas	4.526.433	
4	Panas Hilang		2.958
	Jumlah	4.610.800	4.610.800

4. Neraca Panas Vapourizer 02

Tabel 3.12 Neraca Panas Vapourizer 02

No	Arus	Masuk, kJ/j	Keluar, kJ/j
1	Umpan Cairan Masuk	187.128	
2	Gas Keluar		17.165.524
3	Panas disuplai pemanas	16.998.829	
4	Panas Hilang		20.433
	Jumlah	17.185.957	17.185.957



5. Neraca Panas Condenser dan SD-03

Tabel 3.13 Neraca Panas Condenser dan SD-03

No	Arus	Masuk, kJ/j	Keluar, kJ/j
1	Umpan Masuk	23.739.669	
2	Hasil atas		703.016
3	Hasil Bawah		1.469.738
4	Condenser		21.566.914
	Jumlah	23.739.669	23.739.669

6. Neraca Panas MD-01

Tabel 3.14 Neraca Panas MD 01

No	Arus	Masuk. kJ/j	Keluar. kJ/j
1	Umpan Masuk	3.384.203	
2	Hasil atas		58.662
3	Hasil Bawah		6.042.266,40
4	Condenser		2.491.978
5	Reboiler	5.015.020,40	
6	Panas Hilang		6.317
	Jumlah	8.599.223,40	8.599.223,40

3.2.3 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan metanol (TP-01).

Fungsi : Menyimpan bahan baku metanol dalam fase cair
untuk kebutuhan 30 hari sebanyak 2.551.966,3 kg.

Kondisi penyimpanan :

- Temperatur : 305 K
- Tekanan : 1 atm



- Kondisi : Fase cair
- Tipe : Tangki silinder tegak dengan *conical roof, flat bottom*
- Kapasitas tangki : 3.201,58 m³
- Jumlah : 1 buah
- Diameter : 23 m
- Panjang : 8,6 m
- Tebal head : 1,5 in
- Bahan Konstruksi : *Carbonstell SA-283 grade C*
- Harga : \$ 336.294

2. Tangki Penyimpanan HCl (TP-02).

- Fungsi : Menyimpan bahan baku asam klorida dalam fase cair untuk kebutuhan 7 hari sebanyak 1.690.024 kg.

Kondisi penyimpanan :

- Temperatur : 305 K
- Tekanan : 1 atm
- Kondisi : Fase cair

- Tipe : Tangki silinder tegak dengan *conical roof, flat bottom*
- Kapasitas tangki : 1.612,81 m³
- Jumlah : 1 buah
- Diameter : 20 m
- Tinggi : 7,5 m
- Tebal head : 2 in



Bahan Konstruksi : *Stainless stell AISI-316*

Harga : \$ 554.574

3. Tangki Metil Klorida (T-03)

Fungsi : Menyimpan produk metil klorida selama 15 hari

sebanyak 1.818.739 kg.

Kondisi penyimpanan :

- Temperatur : 305 K
- Tekanan : 5 atm
- Kondisi : Fase cair

Tipe : Tangki silinder horizontal, elliptical dished head.

Kapasitas tangki : 1.985,14 m³

Jumlah : 1 buah

Diameter : 9,14 m

Panjang : 36,576 m

Tebal head : 1,75 in

Bahan Konstruksi : *Carbonsteel SA-283 grade C*

Harga : \$ 870.876

4. Vapourizer - 01 (VP-01)

Fungsi : Mengubah fase metanol umpan reaktor dari fase cair ke fase uap pada suhu 353 K dan tekanan 1,5 atm sebanyak 4.430,4971 kg/jam

Tipe : *Horizontal 1-1 Heat Exchanger with natural circulation.*



Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA 283 Grade C*

Jumlah : 1 buah

Shell Side :

○ Diameter dalam : 33,25 in

○ Jumlah pass : 1

○ *Baffle spacing* : 5 in

○ *Pressure drop* : 2,34 psi

Tube Side :

○ Diameter luar : 1 in

○ Diameter dalam : 0,87 in

○ BWG : 16

○ *Pitch* : 1,25 in

○ *Pressure drop* : 0,017 psi

Harga : \$ 68.646

5. Vapourizer-02 (VP-02)

Fungsi : Mengubah fase asam klorida umpan reaktor dari fase cair ke fase uap pada suhu 367,15 K dan tekanan 1,5 atm sebanyak 12.574,5848 kg/jam

Tipe : *Horizontal 1-1 Heat Exchanger with natural circulation.*

Bahan konstruksi : *Stainlesssteel AISI 316*

Jumlah : 1 buah



- Shell Side* :
- Diameter dalam : 34 in
 - Jumlah pass : 1
 - Baffle space : 5 in
 - Pressure drop : 1,553 psi

- Tube Side* :
- Diameter luar : 1 in
 - Diameter dalam : 0,87 in
 - BWG : 16
 - Pitch : 1,25 in
 - Pressure drop : 0,05 psi

Harga : \$ 92.208

6. Separator Drum-01 (SP-01)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari vaporizer-01 pada suhu 353 K sebanyak 4.414,2886 kg/jam uap dan 882,8577 kg/jam cair.

Tipe : *Tangki silinder tegak Torispherical dished head*

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator :

- Diameter Shell : 0,4572 m
- Tinggi Shell : 2 m
- Tebal Shell : 0,1875 in
- Tebal Head : 0,1875 in



- o Bahan konstruksi : *Carbon steels SA-283 Grade C*

Harga : \$ 18.156

7. Separator Drum-02 (SD-02)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari vaporizer-02 pada suhu 367,15 K sebanyak 10.059,6678 kg/jam uap dan 2.514,9170 kg/jam cair.

Tipe : *Tangki silinder tegak Torispherical dished head*

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator :

- o Diameter Shell : 0,4572 m
- o Tinggi Shell : 2 m
- o Tebal Shell : 0,1875 in
- o Tebal Head : 0,1875 in
- o Bahan konstruksi : *Stainlesssteel AISI-316*

Harga : \$ 14.178

8. Reaktor-01 (RK-01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi uap metanol dan asam klorida menjadi metil klorida sebanyak 14.739,78 kg/jam.

Tipe : *Fixed Bed Multitubular*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : Non-adiabatis non-isotermal, eksotermis

- o Tekanan : 1,3 atm



- Suhu masuk : 623 K
- Suhu keluar : 654,4678 K
- Fase : Gas dengan katalis padat

Bahan konstruksi : *Stainless steels AISI 316*

Tebal dinding : 3/16 in

Tebal head : 3/16 in

Katalis :

- Jenis : *Alumina*
- Bentuk : *Padatan Gel Silinder*
- True density : 3,98 g/cc
- Diameter : 3,696 mm

Diameter kolom : 3,4 m

Tinggi kolom : 8,844 m

Tinggi bed katalisator : 7,02 m

Harga : \$ 157.998

9. Separator Drum - 03 (SD-03)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari Condenser-01 pada suhu 351,8 K sebanyak 1.135,71 kg/jam uap dan 13.604,07 kg/jam cair.

Tipe : Tangki silinder horisontal

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator :

- Diameter : 1,10 m



- Panjang : 3,30 m
- Tebal Shell standart : 3/16 in
- Bahan konstruksi : *Stainlesssteel AISI 316*

Harga : \$ 34.068

10. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan dan memurnikan produk metil klorida pada suhu 363,04 K dan tekanan 5 atm sebanyak

13.604,07 kg/jam

Tipe : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

○ Puncak menara : Suhu = 294,91 K

Tekanan = 5 atm

○ Dasar menara : Suhu = 425,85 K

Tekanan = 5,4 atm

○ Umpan menara : Suhu = 363,04 K

Tekanan = 5,2 atm

Jumlah plate : 14 plate

Lokasi umpan masuk : Stage ke - 5 dari puncak menara

Tray spacing : 0,5 m

Diameter atas : 0,6 m

Diameter bawah : 0,6 m

Bahan konstruksi : *Stainless steels AISI 316*



Tebal shell standar : 4/16 in
Tebal head standar : 4/16 in
Tinggi kolom : 9 m
Harga : US\$ 81.804

11. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor dari 365,25 K menjadi 445 K sebelum masuk ke reaktor sebanyak 14.739,78 kg/jam, dengan media pemanas steam.

Tipe : 1:1 Shell and tube heat exchanger

Bahan : Carbonsteel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 6.889,37 ft²

UD : 7,36 Btu/jam.ft².°F

Uc : 7,82 Btu/ jam.ft².°F

Dirty Factor (Rd) : 0,00788 jam ft².°F/Btu

Shell Side

- Hot fluid : Steam
- Suhu : 450 K
- ID : 60 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0.0003 psi

Tube Side :

- Cold fluid : Umpan reaktor
- Suhu : 365,25 s.d 445 K



- ID : 0,532 in
- OD : 0,75 in
- BWG : 12
- Panjang : 12 ft
- Jumlah pipa : 2981 pipa
- Pass : 1 pass
- Pitch : 1 in triangular pitch
- Pressure drop : 0,06 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 91.494

12. Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor dari 445 K menjadi 529 K sebelum masuk ke reaktor sebanyak 14.739,78 kg/jam, dengan media pemanas hasil keluar reaktor.

Tipe : 1:1 Shell and tube heat exchanger

Bahan konstruksi : Carbonsteel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 2.956,32 ft²

UD : 4,96 Btu/jam.ft².°F

Uc : 5,07 Btu/ jam.ft².°F

Dirty Factor (Rd) : 0,00475 jam ft² °F/Btu

Shell Side :

- Hot fluid : Gas keluar reaktor
- Suhu : 628,28 s.d 565,42 K



- ID : 35 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0,02 psi

Tube Side :

- Cold fluid : Umpan reaktor
- Suhu : 445 s.d 529 K
- ID : 0,532 in
- OD : 0,75 in
- BWG : 12
- Panjang : 16 ft
- Jumlah pipa : 950 pipa
- Pass : 1 pass
- Pitch : 1 in triangular pitch
- Pressure drop : 1 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 65.892

13. Heat Exchanger (HE-03)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor dari 529 K menjadi 578,66 K sebelum masuk ke reaktor sebanyak 14.739,78 kg/jam, dengan media pemanas Dowterm A panas keluar reaktor.

Tipe : 1:1 Shell and tube heat exchanger

Bahan konstruksi : Carbonsteel SA 283 Grade C



Luas transfer panas : 1.150,66 ft²
UD : 10,99 Btu/jam.ft².⁰F
Uc : 11,72 Btu/ jam.ft².⁰F
Dirty Factor (Rd) : 0,00564 jam ft² ⁰F/Btu

Shell Side

- Hot fluid : Downtherm
- Suhu : 648,4951 s.d 583 K
- ID : 29 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0,01 psi

Tube Side :

- Cold fluid : Umpan reaktor
- Suhu : 529 s.d 578,66 K
- ID : 0,782 in
- OD : 1 in
- BWG : 12
- Panjang : 12 ft
- Jumlah pipa : 400 pipa
- Pass : 1 pass
- Pitch : 1,25 in triangular pitch
- Pressure drop : 1,29 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 74.766



14. Heat Exchanger (HE-04)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor dari 578,66 K menjadi 623 K sebelum masuk ke reaktor sebanyak 14.739,78 kg/jam, dengan media pemanas hasil reaksi keluar reaktor.

Tipe : 1:1 Shell and tube heat exchanger

Bahan : Carbonsteel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 2.632,69 ft²

UD : 6,01 Btu/jam.ft².°F

Uc : 6,19 Btu/ jam.ft².°F

Dirty Factor (Rd) : 0,00481 jam ft².°F/Btu

Shell Side :

- Hot fluid : Gas keluar reaktor
- Suhu : 654,4678 s.d 628,28 K
- ID : 39 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0,48 psi

Tube Side :

- Cold fluid : Umpan reaktor
- Suhu : 578,66 s.d 623 K
- ID : 0,532 in
- OD : 0,75 in
- BWG : 12



- Panjang : 12 ft
- Jumlah pipa : 1.209 pipa
- Pass : 1 pass
- Pitch : 1 in triangular pitch
- Pressure drop : 0,41 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 76.296

15. Heat Exchanger (HE-05)

Fungsi : Menurunkan suhu gas keluar Heat Exchanger 01 dari 565,42 K menjadi 373,1 K (umpan Condenser 01) dengan media pendingin air.

Tipe : 1:1 Shell and tube heat exchanger

Bahan konstruksi : Carbonsteel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 2.297,19 ft²

UD : 13,02 Btu/jam.ft².⁰F

Uc : 14,21 Btu/ jam.ft².⁰F

Dirty Factor (Rd) : 0,00644 jam ft² ⁰F/Btu

Shell Side :

- Cold fluid : Cooling water
- Suhu : 303 s.d 343 K
- ID : 31 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0,002 psi



Tube Side	:	
○ Hot fluid	:	Gas umpan Condenser
○ Suhu	:	565,42 s.d 373,15 K
○ ID	:	0,482 in
○ OD	:	0,75 in
○ BWG	:	12
○ Panjang	:	16 ft
○ Jumlah pipa	:	843 pipa
○ Pass	:	1 pass
○ Pitch	:	0,9375 in triangular pitch
○ Pressure drop	:	0,15 psi
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	US\$ 70.890

16. Condenser (CD-01)

Fungsi	:	Mengembunkan sebagian gas keluar Heat Exchanger 04 dengan <i>cooling water</i> bersuhu 303 -333 K.
Jenis	:	1:1 Horizontal shell and Tube Heat Exchanger
Bahan	:	Carbonsteel SA 283 Grade C
Tekanan	:	1,2 atm
Luas transfer panas	:	3.549,64 ft ²
UD	:	97,24 Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Uc	:	223,08 Btu/jam.ft ² . ⁰ F
Dirty Factor (Rd)	:	0,00580 jam ft ² ⁰ F/Btu



- Shell Side :
- Cold fluid : *Cooling water*
 - Suhu : 303 s.d 333 K
 - ID : 29 in
 - Pass : 1 pass
 - Pressure drop : 1,03 psi

- Tube Side :
- Hot fluid : Keluar Heat Exchanger 04
 - Suhu : 373,1 s.d 351,8 K
 - ID : 0,482 in
 - OD : 0,75 in
 - BWG : 12
 - Panjang : 20 ft
 - Jumlah pipa : 925 pipa
 - Pass : 1 pass
 - Pitch : 1 in triangular pitch
 - Pressure drop : 0,3504 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 113.220

17. Heat Exchanger (HE-06)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan menara distilasi (MD-01) dari 351,8 K menjadi 363,04 K dengan media pemanas steam jenuh 3 atm, 405 K.



Jenis : 1:6 Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan : Carbonsteel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 87,64 ft²

UD : 94,53 Btu/jam.ft².°F

Uc : 1281,17 Btu/ jam.ft².°F

Dirty Factor (Rd) : 0,00980 jam ft² °F/Btu

Shell Side :

- Hot fluid : Steam
- Suhu : 405 K
- ID : 8 in
- Pass : 1 pass
- Pressure drop : 0,04 psi

Tube Side :

- Cold fluid : Umpan menara
- Suhu : 351,8 s.d 363,04 K
- ID : 0,532 in
- OD : 0,75 in
- BWG : 12
- Panjang : 16 ft
- Jumlah pipa : 31 pipa
- Pass : 6 pass
- Pitch : 1 in triangular pitch
- Pressure drop : 1,38 psi



Jumlah : 1 buah
Harga : US\$ 3.162

18. Condenser (CD-02)

Fungsi : Mengembunkan uap produk atas menara distilasi (MD-01) dengan media pendingin *cooling water* bersuhu 283 - 288 K.

Jenis : 1:1 Horizontal Shell and Tube Heat Exchanger

Bahan : Carbonsteel SA 283 Grade C

Tckanan : 5 atm

Luas transfer panas : 1.844,52 ft²

UD : 136,08 Btu/jam.ft².°F

Uc : 273,93 Btu/jam.ft².°F

Dirty Factor (Rd) : 0,00370 jam ft².°F/Btu

Shell Side :

○ Cold fluid : *Cooling water*

○ Suhu : 283 s.d 288 K

○ ID : 25 in

○ Pass : 1 pass

○ Pressure drop : 1,99 psi

Tube Side :

○ Hot fluid : Destilat

○ Suhu : 319 s.d 318,3 K

○ ID : 0,482 in



- OD : 0,75 in
- BWG : 10
- Panjang : 20 ft
- Jumlah pipa : 518 pipa
- Pass : 1 pass
- Pitch : 0,9375 in triangular pitch
- Pressure drop : 1 psi

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 81.804

19. Reboiler (RB-01)

Fungsi : Menguapkan sebagian hasil bawah MD-01 untuk dikembalikan ke menara

Tipe : *Kettle Reboiler*

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA 283 Grade C*

Luas transfer panas : 472,33 ft²

UD : 93,29 Btu/jam.ft².⁰R

Uc : 655,17 Btu/jam.ft².⁰R

Dirty Factor (Rd) : 0,0092 jam ft².⁰F/Btu

Shell Side :

- Cold fluid : Hasil bawah MD-01 yang diuapkan
- Suhu : 425,82 s.d 427,99 K
- ID : 19,25 in
- Pressure drop : 0,0002 psi



Tube Side	:
○ Hot fluid	: Steam
○ Suhu	: 480 K
○ OD	: 0.75 in (= 0.02 m)
○ ID	: 0.48 in (= 0,01 m)
○ BWG	: 12
○ Panjang	: 20 ft (= 6,23 m)
○ Jumlah tube	: 258 pipa
○ Pitch	: 1 in triangular pitch
○ Pressure drop	: 0,5 psi
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 33,354

20. Accumulator (ACC-01)

Fungsi	: Menampung sementara cairan hasil kondensasi CD-02 agar arus refluk dan destilat MD-01 stabil.
Tipe	: Tangki silinder horizontal
Jumlah	: 1 buah
Konstruksi	: <i>Stainlesssteel AISI 316</i>
Diameter	: 1 m
Panjang	: 3 m
Volume	: 1,59 m ³
Suhu	: 294,91 K
Tekanan	: 5 atm



Waktu tinggal : 15 menit
Tebal Shell standar : 5/16 in
Tebal Head standar : 5/16 in
Harga : US\$ 12.648

21. Blower (BW-01)

Fungsi : Menekan dan mengalirkan gas keluar Separator Drum (SD-03) ke reaktor dari 1,2 atm menjadi 1,4 atm
Jenis : *Centrifugal Single Stage Blower*
Jumlah : 1 buah
Bahan : *Stainlesssteel AISI 316*
Adiabatic Head : 1.418,598 m
Daya : 0,75 HP
Harga : US\$ 1.660

22. Pompa (P-01)

Fungsi : Untuk memompa metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan (TP-01) ke VP-01 dengan tekanan 1,5 atm sebanyak 4.430,4971 kg/jam
Jenis : *Centrifugal Pump*
Tipe : *Radial flow impeller single stage*
Bahan : *Carbonsteel SA 283 grade C*
Kapasitas : 28,04 gpm
Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 2.900 rpm



	Ukuran pipa	:	
	▪ NS	:	1 in
	▪ Sch No	:	40
	▪ OD	:	1,315 in
	▪ ID	:	1,049 in
Head pompa	:	18,408 meter	
Power pompa	:	0,75 HP, 220 V	
Power motor	:	0,68 HP	
Jumlah	:	2 buah	
Harga	:	US\$ 1.693	
23. Pompa (P-02)			
Fungsi	:	Untuk memompa HCl dari tangki penyimpanan (TP-02) ke VP-02 dengan tekanan 1,5 atm sebanyak 12.574,5848 kg/jam	
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>	
Tipe	:	<i>Mixed flow impeller single stage</i>	
Bahan	:	<i>Stainlesstel AISI 316</i>	
Kapasitas	:	60,70 gpm	
Spesifikasi	:	Putaran spesifikasi : 2.900 rpm	
	Ukuran pipa	:	
	▪ NS	:	1,5 in
	▪ Sch No	:	40
	▪ OD	:	1,9 in



▪ ID : 1.61 in

Head pompa : 7,822 meter

Power pompa : 1 HP, 220 V

Power motor : 0,82 HP

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 2.131

24. Pompa (P-03)

Fungsi : Untuk memompa dan menekan cairan dari SD-03 ke MD-01 dengan tekanan 5 atm sebanyak 13.604,07 kg/jam

Jenis : *Centrifugal Pump*

Tipe : *Radial flow impeller single stage*

Bahan : *Stainlesstel AISI 316*

Kapasitas : 90,37 gpm

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 2.900 rpm

Ukuran pipa :

▪ NS : 2 in

▪ Sch No : 80

▪ OD : 2,375 in

▪ ID : 1,939 in

Head pompa : 107,409 meter

Power pompa : 20 HP, 440 V

Power motor : 17,81 HP



Jumlah : 2 buah
Harga : US\$ 23.407

25. Pompa (P-04)

Fungsi : Untuk memompa cairan hasil atas menara distilasi (MD-01) dan memompa refluk kembali ke menara

Ketentuan : Proses kontinu

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan : *Stainlessstel AISI 316*

Kapasitas : 45,64 gpm

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 2.900 rpm

Ukuran pipa :

▪ NS : 1,5 in

▪ Sch No : 80

▪ OD : 1,9 in

▪ ID : 1,5 in

Head pompa : 103,25 ft

Power pompa : 7,5 HP, 440 V

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 10.680

26. Pompa (P-05)

Fungsi : Untuk memompa cairan produk dari tangki penyimpanan (TP-03) saat penjualan dengan tekanan 5 atm



1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

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

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran lain.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain

a. Material (bahan baku)

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

b. Manusia (tenaga kerja)

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

c. Mesin (peralatan)



Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

Perencanaan target produksi:

1. Tahun pertama ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 80% kapasitas produksi total.
2. Tahun kedua ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
3. Tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh produksi agak menurun karena peralatan sudah agak tua maka pada tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh sudah direncanakan untuk mendirikan pabrik baru sebagai pengembangan, tetapi hal-hal tersebut sangat tergantung kepada perkembangan perekonomian dan pasar.