

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Secara umum, proses pada industri kimia dapat disederhanakan menjadi 3 tahapan penting, secara berurutan yaitu, proses persiapan bahan baku/reaktan, proses sintesis reaktan, proses separasi produk dengan reaktan tersisa. Berikut dijelaskan deskripsi singkat masing – masing tahapan pada proses pembuatan metanol.

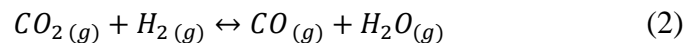
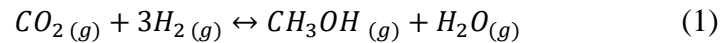
3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Dalam penyediaan bahan baku, gas CO₂ dibeli langsung dari PT. Roda Manunggal Inti (RMI), dimana pabrik PT RMI ini bersama PT. Krakatau Steel mengoperasikan pabrik pemurnian karbondioksida (CO₂) dengan memproduksi CO₂ murni sebanyak 21000 ton per jam di Cilegon, Banten (Rohmad, 2009).

Dan untuk hidrogen diperoleh dari proses elektrolisis menggunakan air. Air tersebut dialirkan menuju alat elektrolisis (EL-01) dengan kondisi operasi bertekanan 30 atm dan bersuhu 80°C. Proses elektrolisis menghasilkan H₂ dan O₂ yang mana O₂ akan dialirkan ke pabrik yang membutuhkan. Produk berupa hidrogen dialirkan menuju unit proses untuk dicampur dengan CO₂ *fresh feed* dan *stream recycle*.

3.1.2 Tahap Sintesis Produk

Kedua bahan baku, yakni CO₂ dan H₂ serta *stream recycle* dicampur dan dialirkan menuju *Fixed Bed Reactor* (R-01). *Feed* disesuaikan suhunya sebelum masuk R-01 menggunakan *Heat Exchanger* (HE-02). Tekanan dan suhu diatur pada kondisi operasi reaktor yaitu sebesar 50 bar dan 220°C. Di dalam R-01, terjadi 2 tahapan reaksi yaitu :



Proses karbonilasi metanol berlangsung dengan bantuan katalis Cu/Zn/Al₂O₃. Produk berupa metanol beserta sisa gas yang tidak bereaksi akan dipisahkan terlebih dahulu.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Tekanan hasil keluaran reaktor berupa campuran uap metanol dinaikkan terlebih dahulu menjadi 50 atm menggunakan Kompresor (K-03) serta didinginkan menggunakan *Cooler* (CL-01) menjadi 50°C sebelum masuk ke *Separator Drum I* (SD-01). Di dalam SD-01 akan terbentuk 2 fasa yaitu fasa uap yang masih banyak mengandung CO₂ dan H₂ yang akan di *recycle*, CO, sedikit metanol, dan air. Sedangkan fasa cair yang terdiri dari CO₂, H₂, metanol, air, dan CO. Hasil bawah SD-01 diturunkan tekanannya hingga 1 atm menggunakan 3 buah *Expansion Valve* yang diturunkan secara bertahap hingga 1 atm dan suhu diturunkan hingga 30 °C menggunakan

Cooler 2 (CL-02) sebelum masuk ke *Separator Drum II* (SD-02) untuk dimurnikan kembali yang mana sama halnya dengan *Separator Drum I*, akan terbentuk 2 fasa, fasa uap yang akan *direcycle* dan fasa cair akan dimurnikan lebih lanjut dalam Menara Distilasi I (MD-01). Umpan *recycle* dari SD-01 dan SD-02 akan dilewatkan pada alat Adsorber I (AD-01) dan Adsorber II (AD-02) yang akan bekerja secara bergantian untuk menjerap komponen-komponen yang tidak dibutuhkan sebagai umpan.

Tahap terakhir pemurnian produk metanol adalah pemisahan metanol dari campuran lainnya menggunakan Menara Distilasi I (MD-01). Tekanan dinaikkan hingga 3 atm menggunakan Pompa (P-02) dan suhu dinaikkan menjadi 75°C menggunakan *Heat Exchanger III* (HE-03) untuk di proses didalam (MD-01). Titik didih metanol sebesar 64,7°C, sementara air sebesar 100°C, oleh karena itu metanol akan terambil sebagai hasil atas dan air akan terambil sebagai hasil bawah. Hasil bawah MD-01 berupa air dan sedikit metanol dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL), kemudian hasil atas MD-01 atau *Distillate* yang berupa metanol dan sedikit karbon dioksida akan diturunkan tekanannya dari 2,8 atm menjadi 1 atm menggunakan *Expansion Valve IV* (V-04) dan kemudian suhu juga diturunkan dari 43 °C hingga ke 30 °C selanjutnya metanol disimpan dalam Tangki Penyimpanan (T-02) pada fasa cair.

3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat		
		Tangki Penyimpanan CO ₂	Tangki Penyimpanan Metanol	<i>Accumulator</i>
1	Fungsi	Menampung CO ₂ selama 1 jam	Menampung produk metanol selama 7 hari	Menampung arus keluaran kondensor pada Menara Distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kesetabilan aliran keluar selama 5 menit
2	Fasa	Gas	Cair	Cair
3	Bentuk	<i>Gas Holder</i>	Silinder Tegak dengan <i>Flat Bottomed</i> dan <i>Conical Roof</i>	Silinder Horizontal
4	Jumlah	1	1	1
5	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Stainless Steel SA 283 grade C</i>
6	Kode alat	T-01	T-02	CD-01
7	Kondisi operasi			
	Tekanan (atm)	1	1	2,8
	Suhu (°C)	30	30	43
11	Dimensi <i>Shell</i> , (m)			
	Tebal <i>Shell</i>	0,029		0,25
	<i>Course</i> 1	-	0,013	-

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat		
		Tangki Penyimpanan CO ₂	Tangki Penyimpanan Metanol	Accumulator
	<i>Course 2</i>	-	0,010	-
	<i>Course 3</i>	-	0,008	-
	<i>Course 4</i>	-	0,006	-
12	Dimensi <i>Head</i> , (m)			
	Tipe	<i>Torispherical Head</i>	<i>Conical roof</i>	-
	Tebal	0,051	0,070	0,25
	Tinggi	-	3,883	0,166
	Kemiringan (derajat)	-	20	-
8	Volume (m ³)	20.115,518	2615,336	30,232
9	Diameter (m)	42,672	21,336	0,827
10	Tinggi Total (m)	18,288	11,198	5,293
13	Harga (\$)	1.688.756	489.739	21.953,83

3.2.2 Reaktor

1) Reaktor *Fixed bed Multitube*Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor *Fixed bed*

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Reaktor- 01
1	Fungsi	Tempat terjadinya reaksi gas karbon dioksida sebanyak 20922,004 kg/jam dan gas hydrogen sebanyak 2853,001 kg/jam membentuk produk metanol 7002,161 kg/jam dengan konversi CO ₂ sebesar 48,80%
2	Fasa	Gas
3	Jenis	<i>Fixed Bed Multitube</i>
4	Jumlah	1
5	Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
6	Kode Alat	R-01
7	Kondisi Operasi	
	Operasi Reaktor	Adiabatis, Isotermal
	Tekanan (atm)	50
	Suhu (°C)	220
8	Katalis	Cu/ZnO/Al ₂ O ₃
	<i>Density</i> (kg/m ³ _s)	1775
	<i>Porosity</i> (m ³ _g /m ³ _s)	0,5
	Umur katalis (tahun)	5
9	Dimensi <i>Shell</i> , (m)	
	Diameter	3,278
	Tebal	0,127
10	Dimensi <i>Tube</i> , (m)	
	Diameter	0,048
	Tinggi tumpukan katalis	5,220
11	Dimensi <i>Head</i> , (m)	
	Bentuk	<i>Elipstical Dished Head</i>
	Tinggi	0,758
	Tebal	0,127
12	Tinggi Total, (m)	6,736

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Reaktor- 01
13	Volume, (m ³)	
	<i>Head</i>	2,340
	<i>Shell</i>	37,460
	Total volume reaktor	42,142
14	Isolasi	
	Bahan	Asbestos
	Tebal (m)	0,104
15	Massa Pendingin <i>Dowtherm A</i> (kg/jam)	11.977,212
16	Jumlah <i>Tube</i> (Buah)	456
17	Harga (\$)	96.259

2) *Electrolyzer*

Tabel 3.3 Spesifikasi Reaktor Elektrolisis

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Reaktor Elektrolisis
1	Fungsi	Memproduksi gas Hidrogen dan hasil samping gas Oksigen dari hasil elektrolisis air
2	Jenis	Reaktor elektrolisis dengan sel membrane
3	Jumlah	1
4	Kode Alat	EL-01
5	Kondisi Operasi	
	Suhu, (°C)	80
	Tekanan, (atm)	30
6	Dimensi, (m)	
	Panjang sel	4,11
	Lebar sel	1,46
	Tinggi sel	2,56
	Tebal sel	0,143
	Panjang Elektroda	1,5
	Lebar Elektroda	1

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Reaktor Elektrolisis
	Jarak Elektroda	0,01
7	Material	
	Anoda	Nikel
	Katoda	Nikel
	Nafion	Nafion
8	Harga (\$)	562.800

3.2.3 Alat Pemisah

1) Separator

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Pemisah (Separator)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Separator – 01	Separator – 02
1	Fungsi	Memisahkan fasa cair sebanyak 13040,496 kg/jam dan fasa uap sebanyak 10734,508 kg/jam dari hasil keluaran <i>Cooler-01</i>	Memisahkan fasa cair sebanyak 11083,598 kg/jam dan fasa uap sebanyak 1956,898 kg/jam dari hasil keluaran <i>Cooler-02</i> (setelah pemisahan pada SD-01)
2	Fasa	Cair – Gas	Cair – Gas
3	Bentuk	<i>Vertical Separator Single Stage</i>	<i>Vertical Separator Single Stage</i>
4	Jumlah	1	1
5	Kode Alat	SD-01	SD-02
6	Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 167 grade 5</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
7	Kondisi Operasi		
	Tekanan (atm)	50	1
	Suhu (°C)	50	30
8	Waktu tinggal, (menit)	10	10
9	Dimensi <i>shell</i> , (m)		
	Tebal	0,035	0,005
	Diameter	1,016	0,914
10	Dimensi <i>Head</i> , (m)		
	Tebal	0,019	0,005

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Separator – 01	Separator – 02
	Tinggi	0,289	0,209
12	Tinggi Total, (m)	4,563	4,364
13	Volume (m ³)	2,697	2,057
14	Harga (\$)	99.636	97.947

2) Adsorber

Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Pemisah (Adsorber)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Adsorber – 01	Adsorber – 02
1	Fungsi	Menjerap beberapa komponen hasil keluaran Separator-01 sebesar 10734,508 kg/jam yang tidak dibutuhkan untuk di <i>recycle</i> kembali.	Menjerap beberapa komponen hasil keluaran Separator-01 sebesar 10734,508 kg/jam yang tidak dibutuhkan untuk di <i>recycle</i> kembali.
2	Fasa	Gas	Gas
3	Jumlah	1	1
4	Kode Alat	AD-01	AD-02
5	Bentuk	<i>Vertical Vessel</i> berbahan isian	<i>Vertical Vessel</i> berbahan isian
6	Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Adsorber – 01	Adsorber – 02
7	Kondisi Operasi		
	Tekanan, (atm)	50	50
	Suhu, (°C)	50	50
8	Adsorben CH ₃ OH : Silika Gel-LiCl		
	Waktu siklus, (jam)	8	8
	Jumlah CH ₃ OH terjerap, (kg/jam)	298,480	298,480
	Tinggi tumpukan adsorben, (m)	4,166	4,166
	Volume, (m ³)	1,564	1,564
9	Adsorben H ₂ O : Al ₂ O ₃		
	Waktu siklus, (jam)	8	8
	Jumlah H ₂ O terjerap, (kg/jam)	38,152	38,152
	Tinggi tumpukan adsorben, (m)	2,623	2,623
	Volume, (m ³)	0,984	0,984
10	Adsorben, CO : AC-CuCl		
	Waktu siklus, (jam)	8	8
	Jumlah CO terjerap, (kg/jam)	370,342	370,342
	Tinggi tumpukan adsorber, (m)	0,852	0,852
	Volume, (m ³)	0,320	0,320
12	Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
13	Dimensi <i>Shell</i> , m		
	Tebal	0,032	0,032
	Diameter	0,755	0,755

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Adsorber – 01	Adsorber – 02
	Tinggi	7,641	7,641
14	Dimensi <i>Head</i> , m		
	Jenis	<i>Torispherical Dished Head</i>	<i>Torispherical Dished Head</i>
	Tebal	0,044	0,044
	Tinggi	0,265	0,265
15	Tinggi Total, m	8,170	8,170
16	Volume Total, m ³	2,866	2,866
17	Harga (\$)	76.244	76.244

3) Menara Distilasi

Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Pemisah (Menara Distilasi)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Menara Distilasi
1	Fungsi	Memisahkan umpan Menara Distilasi – 01 11083,598 kg/jam menjadi hasil atas sebanyak 6944,444 kg/jam dan hasil bawah sebanyak 4139,154 kg/jam
2	Jenis	<i>Sieve Tray Column</i>
3	Jumlah	1
4	Kode Alat	MD-01
5	Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
6	Kondisi Operasi	
	Tekanan, (atm)	3
	Suhu, (°C)	75
7	<i>Heavy Key</i>	H ₂ O
8	<i>Light Key</i>	CH ₃ OH, CO ₂
9	<i>Reflux</i>	1,128
10	Jumlah <i>Plate</i> Teoritis	32
11	Jumlah <i>Plate</i> Aktual	66
12	Efisiensi <i>plate</i>	49,07 %
13	R min (R/R min diambil 1,5)	0,752
14	<i>Tray spacing</i>	0,3
15	Letak Umpan <i>Plate</i>	31
16	Dimensi <i>Shell</i> , (m)	
	Tebal	0,375
	Diameter <i>Enriching</i>	1,297
	Diameter <i>Stripping</i>	1,461
	Tinggi	23,760
17	Dimensi <i>Head</i> , (m)	
	Bentuk	<i>Torishperical Flanged and Dishead head</i>
	Tinggi	0,268
	Tebal	0,008
18	Tinggi Total, (m)	24,300
19	Harga (\$)	9.288

3.2.4 Alat Penukar Panas

1) *Heater*Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas (*Heater*)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat		
		<i>Heater – 01</i>	<i>Heater – 02</i>	<i>Heater – 03</i>
1	Fungsi	Memanaskan air proses dari utilitas sebelum masuk Reaktor Elektrolisis sebanyak 27000 kg/jam dari suhu 30°C hingga 80°C dengan <i>saturated steam</i> 180°C sebanyak 0,175 kg/jam	Memanaskan suhu campuran arus <i>fresh</i> dan <i>recycle</i> sebelum masuk ke Reaktor <i>Fixed Bed</i> sebanyak 23775,005 kg/jam dari suhu 114,3 °C hingga 220°C dengan <i>saturated steam</i> 180 °C sebanyak 2,163 kg/jam	Memanaskan suhu hasil bawah keluaran Separator -02 sebelum dimasukkan ke dalam Menara Distilasi sebanyak 11083,598 kg/jam dari suhu 30°C hingga 75°C dengan <i>saturated steam</i> 180°C sebanyak 18,536 kg/jam
2	Fasa	Cair	Gas	Cair
3	Jenis	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>	<i>Double pipe</i>
4	Jumlah	1	1	1
5	Kode Alat	HE-01	HE-02	HE-03
6	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
7	Beban panas (btu/jam)	382,989	1564,091	40464,239
8	<i>Annulus, (m)</i>			
	IPS	0,051	0,051	0,051
	OD	0,060	0,060	0,060
	ID	0,053	0,053	0,053

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat		
		<i>Heater – 01</i>	<i>Heater – 02</i>	<i>Heater – 03</i>
9	<i>Inner Pipe, (m)</i>			
	IPS	0,025	0,025	0,025
	OD	0,034	0,034	0,034
	ID	0,027	0,027	0,027
10	Luas transfer panas (A),(ft ²)	0,203	0,636	5,936
11	Koefisien transfer panas bersih (Uc) (Btu/jam ft ² F)	50,203	39,769	46,620
12	Koefisien transfer panas kotor (Ud) (Btu/jam ft ² F)	10	15	35
13	Faktor kotor total (Rd) terhitung (Btu/jam ft ² F)	0,080	0,008	0,007
14	Faktor kotor total (Rd) (Btu/jam ft ² F) minimum	0,001	0,001	0,001
15	Harga (\$)	1.671	1.688	1.857

Tabel.3.8 Spesifikasi Alat Penukar Panas (*Reboiler*)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Reboiler-01
1	Fungsi	Menguapkan cairan yang keluar dari Menara Distilasi sebagai hasil bawah sebanyak 4139,154 kg/jam dari suhu 138,377°C hingga suhu 138,379°C dengan <i>saturated steam</i> 180°C sebanyak 5399,868 kg/jam
2	Fasa	Cair
3	Jenis	<i>Kettle Reboiler (Shell and Tube)</i>
4	Jumlah	1
5	Kode Alat	RB-01
6	Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
7	Beban panas (kg/jam)	14.991.654,647
8	<i>Tube Layout, (m)</i>	
	Nt	1.044
	L	4,877
	OD	0,025
	ID	0,939
	BWG	16
	<i>Passes</i>	2
10	<i>Shell Layout, (m)</i>	
	IDs	0,989
	B	0,376
	<i>Passes</i>	1
11	Luas transfer panas (A), (ft ²)	4.338,223
12	Koefisien transfer panas bersih (Uc), (Btu/jam ft ² F)	298,992
13	Koefisien transfer panas kotor (Ud), (Btu/jam ft ² F)	50
14	Faktor kotor total (Rd) terhitung (Btu/jam ft ² F)	0,016
15	Faktor kotor total (Rd) (Btu/jam ft ² F) minimum	0,003
16	Harga (\$)	58.214

2) Cooler

Tabel 3.9 Spesifikasi Alat Penukar Panas (*Cooler*)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		<i>Cooler - 01</i>	<i>Cooler - 02</i>	<i>Cooler - 03</i>	<i>Cooler - 04</i>
1	Fungsi	Mendinginkan gas hasil reaksi keluar reaktor sebelum masuk Separator Drum - 01 sebanyak 23.775,005 kg/jam dari suhu 220°C hingga 50°C dengan menggunakan <i>Dowtherm A</i>	Mendinginkan fluida keluar Separator Drum - 01 sebelum masuk Separator Drum - 02 sebanyak 13.040,496 kg/jam dari suhu 50°C hingga 30°C dengan menggunakan <i>Dowtherm A</i>	Mendinginkan metanol keluar dari atas menara distilasi sebelum masuk tangki penyimpanan sebanyak 6.944,444 kg/jam dari suhu 75°C hingga 30°C dengan menggunakan <i>Dowtherm A</i>	Mendinginkan fluida keluar Separator Drum - 02 yang sudah dilewatkan melalui Kompresor-04 sebelum masuk Adsorber sebanyak 1.956,898 kg/jam dari suhu 188,047°C hingga 30°C dengan menggunakan <i>Dowtherm A</i>
2	Fasa	Gas	Cair	Cair	Gas
3	Jenis	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>
4	Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
5	Jumlah	1	1	1	1
6	Kode Alat	CL-01	CL-02	CL-03	CL-04
7	Spesifikasi <i>Tube</i> , (m)				
	Fluida	Gas hasil reaksi	Campuran fluida keluaran SD - 01	Metanol	Campuran fluida keluaran SD - 02
	Panjang	4,877	4,877	4,877	4,877
	BWG	16	16	16	16
	OD	0,019	0,019	0,019	0,019

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		<i>Cooler - 01</i>	<i>Cooler - 02</i>	<i>Cooler - 03</i>	<i>Cooler - 04</i>
	ID	0,016	0,016	0,016	0,016
	Jumlah <i>tube</i>	986	1.240	106	52
	Susunan	1 in – <i>triangular pitch</i>	1 in – <i>triangular pitch</i>	1 in – <i>triangular pitch</i>	1 in – <i>triangular pitch</i>
8	Spesifikasi <i>Shell</i> , (m)				
	Fluida	<i>Dowtherm A</i>	<i>Dowtherm A</i>	<i>Dowtherm A</i>	<i>Dowtherm A</i>
	ID	0,940	0,940	0,337	0,254
	<i>Baffels space</i>	0,737	0,752	0,269	0,203
9	Luas transfer panas (A), (ft ²)	4.736,797	5.889,702	424,470	205,736
10	Koefisien transfer panas bersih (Uc), (Btu/jam ft ² F)	557,268	1.116,201	190,705	623,852
11	Koefisien transfer panas kotor (Ud), (Btu/jam ft ² F)	10	15	25	10
12	Faktor kotor total (Rd) terhitung, (Btu/jam ft ² F)	0,099	0,067	0,043	0,121
13	Faktor kotor total (Rd) (Btu/jam ft ² F) minimum	0,003	0,003	0,003	0,003
14	Harga (\$)	98.106	106.919	37.688	28.295

Tabel 3.10 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Kondensor)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Kondensor-01
1	Fungsi	Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi – 01 sebanyak 6.944,444 kg/jam dengan <i>Dowtherm A</i>
2	Fasa	Gas – Cair
3	Jenis	<i>Shell and Tube</i>
4	Jumlah	1
5	Kode Alat	CD-01
6	Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
7	Spesifikasi <i>Tube</i> , (m)	
	Fluida	Fluida panas pada <i>plate</i> paling atas menara distilasi
	Panjang	4,877
	BWG	16
	OD	0,025
	ID	0,022
	Jumlah <i>tube</i>	278
	Susunan	1,25 in – <i>triangular pitch</i>
8	Spesifikasi <i>Shell</i> , (m)	
	Fluida	<i>Dowtherm A</i>
	ID	0,539
	<i>Baffels space</i>	0,269
9	Luas transfer panas (A), (ft ²)	1.160,359
10	Koefisien transfer panas bersih (Uc) (Btu/jam ft ² F)	127,244
11	Koefisien transfer panas kotor (Ud) (Btu/jam ft ² F)	20
12	Faktor kotor total (Rd) terhitung (Btu/jam ft ² F)	0,042
13	Faktor kotor total (Rd) (Btu/jam ft ² F) minimum	0,003
14	Harga (\$)	65.404

3.2.5 Alat Menaikkan dan Menurunkan Tekanan

1) Alat Menaikkan Tekanan Gas

Tabel 3.11 Spesifikasi Alat Menaikkan Tekanan Gas

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		<i>Compressor-01</i>	<i>Compressor-02</i>	<i>Compressor-03</i>	<i>Compressor-04</i>
1	Fungsi	Menaikkan tekanan Hidrogen sebanyak 1.339,358 kg/jam dari 30 atm menjadi 50 atm untuk menyesuaikan tekanan operasi pada <i>mix point</i> suhu sebelum masuk reaktor	Menaikkan tekanan CO ₂ sebanyak 10.451,251 kg/jam dari 1 atm sampai 50 atm	Menaikkan gas hasil reaksi keluar reaktor sebelum masuk Separator Drum - 01 sebanyak 23.775,005 kg/jam dari tekanan 49,305 atm hingga 50 atm	Menaikkan gas hasil keluaran Separator Drum - 02 sebelum masuk ke Adsorber sebanyak 1.956,898 kg/jam dari tekanan 30 atm hingga 50 atm
2	Fasa	Gas	Gas	Gas	Gas
3	Jenis	Sentrifugal <i>Single Stage</i>	Sentrifugal <i>Multi Stage</i>	Sentrifugal <i>Single Stage</i>	Sentrifugal <i>Single Stage</i>
	Jumlah <i>Stage</i>	1	3	1	1
4	Jumlah Alat	1	1	1	1
5	Kode Alat	K-01	K-02	K-03	K-04
6	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
7	Daya (HP)	28,293	36,679	2,964	8,226
8	Harga (\$)	67.955	70.158	62.620	63.896

2) Alat Menaikan Tekanan Cairan

Tabel 3.12 Alat Menaikan Tekanan Cairan

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		Pompa-01	Pompa-02
1	Fungsi	Menaikkan tekanan air dari Utilitas sebelum diumpankan ke Reaktor Elektrolisis sebanyak 1.339,358 kg/jam dari tekanan 1 atm ke 30 atm.	Menaikkan tekanan hasil bawah Separator-02 ke Menara Distilasi sebanyak 11.083,598 kg/jam dari tekanan 1 atm ke 3 atm.
2	Fasa	Cair	Cair
3	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
4	Kode Alat	P-01	P-02
5	Jumlah	1	1
6	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
7	Pipa standar, (m)		
	NPS	0,051	0,051
	Sch	40	40
	ID	0,053	0,053
	OD	0,060	0,060
	a't	0,085	0,002
8	Daya (Hp)	30	7,5
9	Harga (\$)	7.305	7.305

Tabel 3.13 Spesifikasi Alat Mengalirkan Cairan

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat
		Pompa-03
1	Fungsi	Mengalirkan hasil bawah Menara Distilasi menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL) sebanyak 4.139,154 kg/jam
2	Fasa	Cair
3	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>
4	Kode Alat	P-03
5	Jumlah	1
6	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
7	Pipa standar, (m)	
	NPS	0,051
	Sch	40
	ID	0,052
	OD	0,060
	a't	0,002
8	Daya (Hp)	1,5
9	Harga (\$)	7.305

3) Alat Menurunkan Tekanan Cairan

Tabel 3.14 Spesifikasi Alat Menurunkan Tekanan Gas

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		<i>Expansion Valve-01</i>	<i>Expansion Valve-02</i>	<i>Expansion Valve-03</i>	<i>Expansion Valve – 04</i>
1	Fungsi	Menurunkan tekanan campuran metanol sebanyak 13.040,496 kg/jam dari Separator Drum-01 ke Separator Drum-02 dari 50 atm menjadi 35 atm	Menurunkan tekanan campuran metanol sebanyak 13.040,496 kg/jam dari Separator Drum-01 ke Separator Drum-02 dari 35 atm menjadi 20 atm	Menurunkan tekanan campuran metanol sebanyak 13.040,496 kg/jam dari Separator Drum-01 ke Separator Drum-02 dari 20 atm menjadi 1 atm	Menurunkan tekanan metanol sebanyak 6944,444 kg/jam dari bagian atas Menara Distilasi ke Tangki Penyimpanan Metanol dari 3 atm menjadi 1 atm
2	Jenis	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
3	Jumlah	1	1	1	1
4	Kode Alat	V-01	V-02	V-03	V-04
5	Bahan Kontruksi	<i>Stainless steel SA316</i>	<i>Stainless steel SA316</i>	<i>Stainless steel SA316</i>	<i>Stainless steel SA317</i>
6	Pipa standar, (m)				
	NPS	0,038	0,038	0,038	0,038
	Sch	40	40	40	40
	ID	0,041	0,041	0,041	0,041
	OD	0,048	0,048	0,048	0,048
	a't (m ²)	0,052	0,052	0,052	0,001
7	Debit (m ³ /s)	4,499	4,499	4,499	4.397,555
8	Harga (\$)	4.211	4.211	4.211	4.211

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku

Berkaitan dengan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas produksi, bahan baku karbon dioksida dibeli langsung dari PT. Roda Manunggal Inti (RMI), dimana pabrik PT RMI ini bersama PT. Krakatau Steel mengoperasikan pabrik pemurnian karbon dioksida (CO_2) dengan memproduksi CO_2 murni sebanyak 21.000 kg per jam di Cilegon, maka produksi tersebut telah memenuhi persediaan karbon dioksida yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi dalam perancangan pabrik metanol yaitu 20.922,0044 kg/jam karbon dioksida. Pembelian karbon dioksida dianggap lebih efisien dibandingkan melakukan produksi sendiri dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satunya adalah biaya tambahan untuk alat proses yang dibutuhkan. Di samping itu, pemilihan lokasi yang terletak di Cilegon, Banten sebagai lokasi pendirian pabrik, dimana lokasi tersebut sangat strategis, dekat dengan laut sehingga mudah dalam pengadaan utilitas, dekat dengan pelabuhan, hubungan jalur darat mudah diakses, dekat dengan sumber bahan baku utama CO_2 . Untuk memenuhi bahan baku berupa hidrogen, diperoleh dari proses elektrolisis menggunakan air. Air diperoleh dari laut dengan melakukan *treatment* terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan garam serta ion yang terkandung pada air laut agar tidak ikut bereaksi selama proses elektrolisis berlangsung. Proses elektrolisis

menghasilkan gas H_2 dan O_2 yang mana O_2 akan dialirkan ke pabrik yang membutuhkan. Produk berupa hidrogen dialirkan menuju unit proses untuk dicampur dengan CO_2 *fresh feed* dan *recycle feed*. Sehingga akan lebih menguntungkan karena akan menghemat waktu dan biaya.

3.3.2 Analisa Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan alat proses meliputi kemampuan alat proses, umur atau jam kerja dari peralatan, dan perawatannya. Selain itu juga analisis ini bertujuan untuk mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk pembelian maupun perawatan alat proses.