

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1. Sintesis Dimetil Ether (DME)

Bahan baku berupa gas H_2 dan CO dengan laju alir masuk masing-masing sebanyak 2.561 kg/jam dan 17.795 kg/jam pada tekanan *loading* 153 atm dan 136 atm dipanaskan dengan menggunakan *Heater* (E-101 dan E-102) untuk menaikkan suhu gas dalam penyimpanan hingga mencapai 245 C. Umpan yang telah mencapai kondisi operasi agar terjadi reaksi sintesis dimasukkan ke dalam Reaktor *Fixed Bed Multitube* (R-101) dengan rasio CO/H_2 1:2 menggunakan katalisator berupa padatan $CuO/ZnO/ Al_2O_3$ γ -alumina. Melalui mekanisme reaksi sintesis langsung CO dan H_2 dikonversikan menjadi Dimetil Eter (DME) dengan tahapan reaksi sintesa metanol dan DME di dalam satu buah reaktor yang sama.

CO dan H_2 yang telah bereaksi secara eksotermik di dalam Reaktor (R-101) menghasilkan 10.829 kg DME/ jam, dan produk samping metanol sebanyak 845 kg/jam, 2.089 kg air/jam, serta gas tidak termampatkan (*non-condensable gas*) sisa reaksi yaitu H_2 sebanyak 799 kg/jam, CO sebanyak 551 kg/jam, dan 5.241 kg CO_2 /jam. Reaksi berlangsung pada kondisi reaktor *isothermal* adiabatik. Panas reaksi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu di dalam reaktor dianggap sangat kecil karena perubahan suhu relatif sangat rendah.

3.1.2. *Incompressible gas removal dan CO_2 Capture*

Produk gas hasil reaksi kemudian diembunkan sebagian dengan menggunakan Kondensor Parsial (E-103) hingga mencapai suhu *bubble point* yaitu

25 °C kemudian campuran gas hasil kondensasi dipisahkan fase uap dan cairnya menggunakan Separator Drum (S-101) dimana hasil atas (uap) akan dialirkan ke Menara Absorpsi (T-101) untuk memisahkan CO₂ dari campuran gas secara kimiawi, sementara hasil bawah (cair) dikondisikan kembali untuk diumpankan ke Menara Distilasi (T-102).

Arus yang masih mengandung banyak gas tidak termampatkan harus dipisahkan terlebih dahulu agar kesetimbangan yang optimal dapat tercapai. Oleh karena itu CO₂ yang terdapat di dalam campuran gas hasil atas Separator (S-101) diumpankan ke dalam menara absorpsi (T-101) untuk mengurangi kadar CO₂ dengan menggunakan absorben berupa air dengan Monoetanolamin (MEA). Selain itu pemisahan CO₂ bertujuan untuk mengurangi emisi karbon yang dibuang ke lingkungan. Sebanyak 98% massa CO₂ dipisahkan untuk kemudian ditingkatkan kemurniannya sekaligus melakukan proses regenerasi absorben dengan menggunakan Stripper (T-104). Gas CO₂ yang telah dimurnikan akan dijual melalui jalur pemipaan yang telah disediakan. *Off gas* berupa campuran gas H₂, CO dan sebagian kecil produk diumpankan ke unit pembangkit listrik sebagai bahan bakar generator listrik, sehingga tidak ada gas proses yang terbuang.

Hasil keluaran bawah Separator (S-101) dialirkan dengan menuju Menara Distilasi (T-102). Sebelum memasuki Menara Distilasi (T-102) tekanan umpan menara distilasi diturunkan terlebih dahulu hingga 10,15 atm menggunakan *Expansion Valve* (EV-101) setelah itu dipompakan menuju menara Menara Distilasi (T-102) menggunakan Pompa Sentrifugal (P-101).

3.1.3 Pemurnian dimetil ether (DME)

Fungsi utama dari Menara Distilasi (T-102) adalah sebagai alat pemisahan produk DME dari metanol dan air. Hasil atas Menara Distilasi (T-102) berupa DME dengan kemurnian 99,13% sebanyak 9.387 kg/jam akan disimpan ke dalam Tangki Penyimpanan DME (TK-101) bertekanan 10 atm pada suhu 32,4 °C. Sementara hasil bawah Menara Distilasi (T-102) yang mengandung metanol, air dan sedikit DME yang tersisa diturunkan tekanannya dengan menggunakan *Expansion Valve* (EV-102) dari 10 atm menjadi 1,1 atm setelah itu didinginkan dari suhu 169,2 °C hingga 90,5 °C menggunakan *Cooler* (E-106) kemudian dipompa menuju Menara Distilasi (T-103) menggunakan Pompa (P-103).

Di dalam Menara Distilasi (T-103) metanol dan air dipisahkan untuk mendapatkan metanol. Metanol yang dihasilkan mencapai kemurnian 96.05% kemudian di dinginkan menggunakan *Cooler* (E-108) hingga mencapai suhu 30 °C dan disimpan ke dalam Tangki atmosferik penyimpanan metanol (TK-102). Sementara air dan sedikit metanol yang tersisa dikirim ke unit pengolahan sehingga air yang terbuang dapat dimanfaatkan kembali sebagai *make-up* kebutuhan air alat proses.

3.2 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan H₂ – 01 (TK-101)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Hidrogen (TK-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Tangki Penyimpanan H ₂
Kode alat	: TK-101
Jumlah	: 10 buah
Fungsi	: Menyimpan gas H ₂ kapasitas 7 hari penyimpanan
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki berbentuk bola (<i>spherical</i>)
Bahan konstruksi	: Stainless Steel (austenitic) AISI type 306
Fase	: Gas
Tekanan	: 154 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter	: 55,11 m
Volume	: 87.569 m ³
Tekanan desain	: 540 psia
Tebal shell	: 0,28 m
Harga	: \$ 684.719

2. Tangki Penyimpanan CO – 02 (TK-102)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan CO (TK-102)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Tangki Penyimpanan CO
Kode alat	: TK-102
Jumlah	: 10 buah
Fungsi	: Menyimpan gas CO kapasitas 7 hari penyimpanan
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki berbentuk bola (<i>spherical</i>)
Bahan konstruksi	: Stainless Steel (austenitic) AISI type 306
Fase	: Gas
Tekanan	: 136,2 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter	: 56 m
Volume	: 4.519 m ³
Tekanan desain	: 2.408 psia
Tebal shell	: 0,49 m
Harga	: \$ 560.224

3. Heat Exchanger– 01 (E-101)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Heat Exchnger 101 (E-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Heater
Kode alat	: E-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memanaskan gas H ₂ dari tangki penyimpanan sebanyak 2561 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 11.716.203 kJ/jam
Luas transfer panas	: 209 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: \$ 311.236
Shell	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / light organic gas</i>
ID	: 0,889 m
B	: 0,177 m
Passes	: 8
ΔP_s	: 0,01 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid/ light organic gas</i>
Nt	: 472
L	: 6,096 m
OD	: 0,08 m
ID	: 0,262m
BWG	: 16
a''	: 0,2618 ft ² /ft
Pitch	: 1,25 in ² -square pitch
Passes	: 16
Uc	: 90,55 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 68,53 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0035
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,04 psi

4. Heat Exchanger Heater - 02 (E-102)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Heat Exchanger 102 (E-102)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Heater
Kode alat	: E-102
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memanaskan gas CO dari tangki penyimpanan sebanyak 17.951 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 5.922.533 kJ/jam
Luas transfer panas	: 25 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: \$ 2.489
Shell	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / light organic gas</i>
ID	: 0,305 m
B	: 0,06 m
Passes	: 4
ΔP_s	: 1,807 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid/ light organic gas</i>
Nt	: 68
L	: 6,096 m
OD	: 0,0625 m
ID	: 0,19 m
BWG	: 16
a ²	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1,25 in ² -square pitch
Passes	: 8
Uc	: 92,64 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 70,39 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0034
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,65 psi

5. Reaktor - 01 (R-101)

Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor-01 (R-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Reaktor
Kode alat	: R-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mereaksikan CO dan H ₂ sebanyak 18.389 kg/jam menjadi DME
DATA DESAIN	
Jenis	: <i>Fixed Bed Multitube Reactor</i>
Fase	: Gas
Tinggi reaktor	: 9 m
Volume reaktor	: 38 m ³
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-212 Grade B</i>
Harga	: \$ 1.045.753
Kondisi Operasi	
Suhu umpan masuk	: 245 °C
Suhu umpan keluar	: 236 °C
Suhu pendingin masuk	: 30 °C
Tekanan masuk	: 35 atm
Tekanan keluar	: 34,9991 atm
ΔP	: 0,0009 atm
Katalis	
Nama katalis	: CuO/ZnO/Al ₂ O ₃ γ-alumina
Densitas Bulk	: 1200 kg/m ³
Porositas	: 45,53 %
Diameter	: 0,0065 m
Total berat katalis	: 16.346 kg
Shell	
ID _s	: 2 m
Tebal shell	: 0,0476 m
OD _s	: 2 m
Baffle space	: 0,53 m
Tube	
IPS	: 0,0381 m
Schedule number	: 40
ID _t	: 0,049 m
OD _t	: 0,041 in
Jumlah tube	: 1131 buah
Susunan tube	: <i>Triangular pitch</i>
Pitch	: 0,06 m
Panjang tube	: 4,572 m
Head	
Bentuk head	: <i>Elliptical dished heads(ellipsoidal)</i>

Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor-01 (R-101) Lanjutan)

Tebal head	: 0,048 m
Tinggi head	: 0,499 m
Isolator	
Bahan isolasi	: Asbestos
Tebal isolasi	: 0,05 m

6. Condenser - 01 (E-103)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Condenser-01 (E-103)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Kondenser
Kode alat	: E-103
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengembunkan sebagian gas dari alat proses sebanyak 18.510 kg/jam menuju Separator-01
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 15.379.719 kJ/jam
Luas transfer panas	: 301 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: \$ 37.348
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / light organic gas</i>
ID	: 0,89 m
B	: 0,051 m
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,70 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/Chilled water</i>
Nt	: 845
L	: 6,096 m
OD	: 0,063 m
ID	: 0,016 m
BWG	: 16
a"	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1 in ² -square pitch
Passes	: 2
Uc	: 259,3 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 88,0 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0075
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,7 psi

7. Condenser - 02 (E-104)

Tabel 3. 7 Spesifikasi Condenser-02 (E-104)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Kondenser
Kode alat	: E-104
Jumlah	: 5 buah
Fungsi	: Mengembunkan sebagian gas dari Reaktor-01 sebanyak 1.845 kg/jam menuju Separator-01
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 251.622 kJ/jam
Luas transfer panas	: 323 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Harga	: \$ 435.730
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / light organic gas</i>
ID	: 0,940 m
B	: 0,051 m
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,0116 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/Light organic gas</i>
Nt	: 934
L	: 6,096 m
OD	: 0,0625 m
ID	: 0,0157 m
BWG	: 16
a"	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1 in ² -square pitch
Passes	: 2
Uc	: 120,81 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 85,45 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0034
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,0024 psi

8. Separator - 01 (S-101)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Separator – 01 (S-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Separator
Kode alat	: S-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan gas hasil kondensasi E-103 sebanyak 21.526 kg/jam menjadi fase cair dan uap
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Separator dua fase dengan <i>ellipsoidal dished head</i>
Bahan konstruksi	: High alloy steel SA-240 Grade S Type 304
IDs	: 1,676 m
ODs	: 1,759 m
Tinggi tangki	: 4 m
Tebal shell	: 1,625 in
ID nozzle	: 10,2 in
OD nozzle	: 10.75 in
Tebal nozzle	: 0,365 in
Waktu holdup	: 600 detik
Harga	: \$ 12.200

9. Absorber - 01 (T-101)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Absorber-01 (T-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Absorber
Kode alat	: T-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan CO ₂ dari campuran gas sebelum memasuki Stripper-01 (T-104)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Packed Tower with Pall Rings, Plastic</i>
Fase umpan masuk	: Uap jenuh
Tinggi Absorber	: 18 m
Bahan konstruksi	: High Alloy Steel SA-240 Grade S Type 304
Ukuran packing	: 0,038 m
Harga	: \$ 145.041

Tabel 3.9 Spesifikasi Absorber-01 (T-101) (Lanjutan)

ID	Top	: 0,386 m
	Bottom	: 0,524 m
OD	Top	: 0,418 m
	Bottom	: 0,556 m
Jenis head		: <i>Elliptical dished heads</i>
Tinggi head		: 0,157 m
Tebal head		: 0,625 in
Tebal shell		: 0,556

10. Mixer-01 (M-101)

Tabel 3. 10 Spesifikasi Mixer-01 (M-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Mixer
Kode alat	: M-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mencampurkan air <i>make up</i> dari utilitas dengan pelarut MEA
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki berpengaduk silinder tegak dengan <i>ellipsoidal dished head</i>
Suhu operasi	: 28.5 °C
Tekanan operasi	: 35 atm
Volume	: 4 m ³
IDs	: 1,305 m
ODs	: 1,432 m
Tebal head	: 0,032 m
Tinggi tangki	: 3 m
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-212 Grade A</i>
Harga	: \$ 11.826

11. Stripper-01 (T-104)

Tabel 3. 11 Spesifikasi Stripper-01 (T-104)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Stripper
Kode alat	: T-104
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan gas CO ₂ dari solvent dan meregenerasi solvent
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Tray column stripper</i>
Fase umpan masuk	: Cair jenuh
Tinggi Stripper	: 9,3636 m
Bahan konstruksi	: <i>High alloy steel SA-240 Grade S Tipe 304</i>
Harga	: \$ 21.960
Jumlah plate	: 17 stage
Feed tray	: stage ke 17 dari bawah
ID	Top : 1,603 m
	Bottom : 1,302 m
OD	Top : 1,613 m
	Bottom : 1,312 m
Tebal head	Top : 0,0063 m
	Bottom : 0,0063 m
Jenis head	: <i>Torispherical dished heads</i>

12. Kondenser - 04 (E-111)

Tabel 3. 12 Spesifikasi Condenser-04 (E-111)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Kondenser
Kode alat	: E-112
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengembunkan gas keluaran atas Stripper-01 (T-104)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 110.842 kJ/jam
Luas transfer panas	: 411 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 37.348
Shell	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / air pendingin</i>
ID	: 0,991 m

Tabel 3.12 Spesifikasi Condenser-04 (E-111) (Lanjutan)

B	: 0,198 m
Passes	: 8
ΔP_s	: 0,007 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / light organic</i>
Nt	: 1078
L	: 6,096 m
OD	: 0,019 m
ID	: 0,016 m
BWG	: 16
a ²	: 0,0598 m ² /m
Pitch	: 0,0254 m-triangular pitch
Passes	: 10
Uc	: 153,9779 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 104,6442 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0031
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,5732 psi

13. Reboiler - 03 (E-112)

Tabel 3. 13 Spesifikasi Reboiler-03 (E-112)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: E-112
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menurunkan suhu keluaran bawah Menara Distilasi-01 (T-102) menuju Menara Distilasi-02 (T-103)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 110.842 kJ/jam
Luas transfer panas	: 3 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 1.244
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / hasil bawah T-02</i>
Jumlah Hairpin	: 5 buah
NPS	: 2,5
Schedule number	: 40
OD	: 2,88 in
ID	: 2,469 in
Panjang	: 16 ft

Tabel 3.13 Spesifikasi Reboiler-03 (E-112)

ΔP_a	: 0,011 psi
Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / Chilling water</i>
NPS	: 1,25
Schedule number	: 40
OD	: 1,66 in
ID	: 2,469 in
Panjang	: 16 ft
U_c	: 15,14 Btu/lb.ft ² .F
U_d	: 2,42 Btu/lb.ft ² .F
$R_{d_{\text{calculated}}}$: 0,3461
$R_{d_{\text{required}}}$: 0,0030
ΔP_p	: 1,83 psi

14. Separator - 02 (S-102)

Tabel 3. 14 Spesifikasi Separator – 02 (S-102)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Separator
Kode alat	: S-102
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan gas hasil kondensasi E-111 sebanyak 7.137 kg/jam menjadi fase cair dan uap
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Vapour liquid separator dengan ellipsoidal dished head</i>
Bahan konstruksi	: High alloy steel SA-240 Grade S Type 304
IDs	: 2,133 m
ODs	: 2,149 m
Tinggi tangki	: 2,9952 m
Tebal shell	: 0,00794 m
ID nozzle	: 0,8445 m
OD nozzle	: 0,8636 m
Tebal nozzle	: 0,0095 m
Waktu holdup	: 600 detik
Harga	: \$ 12.200

15. Heat Exchanger - 03 (E-114)

Tabel 3. 15 Spesifikasi Heater-01 (E-114)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Heater
Kode alat	: E-110
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menaikkan suhu <i>rich solvent</i> keluaran Absorber-01 dari 25 °C menjadi 40 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 979.005 kJ/jam
Luas transfer panas	: 156 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 19.919
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / steam</i>
ID	: 0,787 m
B	: 0,157 m
Passes	: 2
ΔP_s	: 0,0023 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / rich solvent</i>
Nt	: 398
L	: 4,877 m
OD	: 0,025 m
ID	: 0,021 m
BWG	: 16
a''	: 0,0798 m ² /m
Pitch	: 0,03175 m-square pitch
Passes	: 4
Uc	: 49,3750 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 40,2583 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0045
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,0003 psi

16. Cooler-05 (E-115)

Tabel 3. 16 Spesifikasi Cooler-01 (E-115)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: E-113
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menurunkan suhu <i>lean solvent</i> dari Stripper-01 dari 108,5 °C menjadi 25 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 2.061.479, kJ/jam
Luas transfer panas	: 73 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 12.200
Shell	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / air pendingin</i>
ID	: 0,540 m
B	: 0,108 m
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,0152 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / lean solvent</i>
Nt	: 177
L	: 4,934 m
OD	: 0,025 m
ID	: 0,022 m
BWG	: 16
a ²	: 0,0807 m ² /m
Pitch	: 0,0317 m-square pitch
Passes	: 2
Uc	: 99,1892 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 51,4292 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0094
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,0001 psi

17. Pompa – 05 (P-105)

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa-05 (P-105)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Pompa
Kode alat	: P-105
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menaikkan tekanan <i>lean solvent</i> dari Stripper-01 dari 1,02 atm menjadi 35 atm
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe aliran	: Radial flow
Kapasitas	: 13 m ³ /jam
N	: 3.500 rpm
N _s	: 127 rpm
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
Total Head	: 379 m
Daya	: 30 HP
Harga	: \$ 2.489

18. Pompa – 01 (P-101)

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa-01 (P-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Pompa
Kode alat	: P-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengalirkan cairan sebanyak 12.502,8673 kg/jam dari Separator-01 menuju Menara Distilasi (T-102)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe aliran	: Mixed flow
Kapasitas	: 15,9397 m ³ /jam
N	: 1.750 rpm
N _s	: 1.951,1464 rpm
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
Total Head	: 4,4856 m
Daya	: 0,5 HP
Harga	: \$ 2.614

19. Menara Distilasi-01 (T-102)

Tabel 3. 19 Spesifikasi Menara Distilasi-01 (T-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Menara Distilasi
Kode alat	: T-102
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan DME dan Off Gas dari metanol dan air
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shieve tray column</i>
Fase umpan masuk	: Cair jenuh
Bahan konstruksi	: <i>High Alloy steel SA-240 Grade S Type 304</i>
Tinggi Menara	: 16 m
ID _s	: 1,087 m
OD _s	: 1,109 m
Tebal Shell	: 0,4375 m
Jenis Head	: <i>Torispherical dished head</i>
Tebal Head	: 0,3750 in
Jumlah Stage	: 31
Feed Stage	: Stage ke 12 dari bawah
Tipe Tray	: <i>Sieve and Tray</i>
Tray Spacing	: 0,45 m
Weir Height	: 0,05 mm
Tebal Tray	: 0,0050 m
Hole Diameter	: 0,0050 m
P feed	: 10,15 atm
T feed	: 28,5 °C
P top	: 10 atm
T top	: 45,40 °C
P bottom	: 10,3 atm
T bottom	: 169,18 °C
Ratio Reflux	: 0,1969
Harga	: \$ 308.746

20. Condenser - 02 (E-105)

Tabel 3. 20 Spesifikasi Condenser-04 (E-105)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Kondenser
Kode alat	: E-105
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengembunkan gas keluaran atas T-102 sebanyak 9.469 kg/jam dari suhu 44,2 °C menjadi 32,37 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 3.954.123 kJ/jam
Luas transfer panas	: 655 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 99.595
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / light organic gas</i>
ID	: 0,991 m
B	: 0,198 m
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,0024 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/Chilled water</i>
Nt	: 1.377
L	: 6,096 m
OD	: 0,005 m
ID	: 0,022 m
BWG	: 16
a"	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1,3125 in ² -triangular pitch
Passes	: 2
Uc	: 54,63 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 45,65 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0036
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,0002 psi

21. Pompa – 02 (P-102)

Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa-02 (P-102)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Pompa
Kode alat	: P-102
Jumlah	: 2 buah
Fungsi	: Mengalirkan cairan sebanyak 9553 kg/jam dari Menara Distilasi-01 (T-102) menuju Tangki DME (TK-103)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe aliran	: Mixed flow
Kapasitas	: 15 m ³ /jam
N	: 1.750 rpm
N _s	: 1.815 rpm
NPS	: 2 in
Schedule number	: 40
Total Head	: 4,7134 m
Daya	: 0,5 HP
Harga	: \$ 9.959

22. Accumulator-01 (V-101)

Tabel 3. 22 Spesifikasi Accumulator-01 (V-101)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Akumulator
Kode alat	: V-101
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menampung keluaran Kondenser-02 (E-104) untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki silinder horizontal
Bahan konstruksi	: <i>Plate Steel SA-283 Grade C</i>
Volume	: 4,0506 m ³
Diameter	: 0,9338 m
Panjang	: 5,6030 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Tebal Head	: 0,1875 in
Tinggi Head	: 0,2087 m
Harga	: \$ 6.224

23. Reboiler-01 (E-106)

Tabel 3. 23 Spesifikasi Reboiler-01 (E-106)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Reboiler
Kode alat	: E-105
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menguapkan hasil bawah Menara Distilasi-01 (T-102) sebnayak 2.950 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 6.267.687 kJ/jam
Luas transfer panas	: 1.018 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 13.694
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / Light organic</i>
ID	: 0,590 in
B	: 0,118 in
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,0049 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / light organic liquid</i>
Nt	: 277
L	: 6,096 m
OD	: 0,005 m
ID	: 0,013 m
BWG	: 16
a''	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1 in ² -square pitch
Passes	: 2
Uc	: 37,17 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 31,44 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0049
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_t	: 0,005 psi

24. Cooler-03 (E-107)

Tabel 3. 24 Spesifikasi Cooler-03 (E-107)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: E-107
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menurunkan suhu keluaran bawah Menara Distilasi-01 (T-102) menuju Menara Distilasi-02 (T-103)
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 902.577 kJ/jam
Luas transfer panas	: 5 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga	: \$ 13.694
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / hasil bawah T-02</i>
Jumlah Hairpin	: 2 buah
NPS	: 4
Schedule number	: 40
OD	: 4,5 in
ID	: 4,026 in
Panjang	: 16 ft
ΔP_a	: 0,0187 psi
Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / Chilling water</i>
NPS	: 3
Schedule number	: 40
OD	: 3,5 in
ID	: 3,068
Panjang	: 16 ft
Uc	: 134,1623 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 80,3497 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,005
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_p	: 3,0985 psi

25. Pompa – 03 (P-103)

Tabel 3. 25 Spesifikasi Pompa-03 (P-103)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Pompa
Kode alat	: P-102
Jumlah	: 2 buah
Fungsi	: Mengalirkan umpan Menara Distilasi (T-103) sebanyak 2.950 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe aliran	: Mixed flow
Kapasitas	: 4 m ³ /jam
N	: 3.500 rpm
N _s	: 1.624 rpm
NPS	: 1 in
Schedule number	: 40
Total Head	: 5 m
Daya	: 0,5 HP
Harga	: \$ 9.959

26. Menara Distilasi-02 (T-103)

Tabel 3. 26 Spesifikasi Menara Distilasi-02 (T-103)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Menara Distilasi
Kode alat	: T-103
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Memisahkan Metanol dari air dai umpan sebanyak 2.950 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shieve tray column</i>
Fase umpan masuk	: Cair jenuh
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Tinggi Menara	: 6,5331 m
ID _s	: 0,9031 m
OD _s	: 0,9126 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Jenis Head	: <i>Torispherical dished head</i>
Tebal Head	: 0,1875 in
Jumlah Stage	: 12 stage
Feed Stage	: Stage ke 5 dari bawah
Tipe Tray	: <i>Sieve and Tray</i>

Tabel 3.26 Spesifikasi Menara Distilasi-02 (T-103) (Lanjutan)

Tray Spacing	: 0,35 m
Weir Height	: 0,050 m
Tebal Tray	: 0,005 m
Hole Diameter	: 0,005 m
P feed	: 1,05 atm
T feed	: 90,45 °C
P top	: 1 atm
T top	: 65,08 °C
P bottom	: 1,1 atm
T bottom	: 100,88 °C
Ratio Reflux	: 2,7264
Harga	: \$ 14.939

27. Condenser - 04 (E-108)

Tabel 3. 27 Spesifikasi Condenser-03 (E-108)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Kondenser
Kode alat	: E-108
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Mengembunkan gas keluaran atas T-103 sebanyak 762 kg/jam dari suhu 67,5 °C menjadi 65,1 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 1.907.282.6913 kJ/jam
Luas transfer panas	: 43 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 8.714
Shell	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / light organic gas</i>
ID	: 17 in
B	: 2,9 in
Passes	: 1
ΔP_s	: 0,2877 psi
Tube	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid/Chilled water</i>
Nt	: 137
L	: 16 ft
OD	: 0,75 in
ID	: 0,62 in
BWG	: 16

Tabel 3.27 Spesifikasi Condenser-03 (E-108) (Lanjutan)

a''	: 0,1963 ft ² /ft
Pitch	: 1,00 in ² -square pitch
Passes	: 2
Uc	: 116,7245 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 85,7105 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0031
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP _t	: 0,1813 psi

28. Accumulator-02 (V-102)

Tabel 3. 28 Spesifikasi Accumulator-02 (V-102)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Akumulator
Kode alat	: V-102
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menampung keluaran Kondenser-03 (E-107) untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki silinder horizontal
Bahan konstruksi	: <i>Plate Steel SA-283 Grade C</i>
Volume	: 0,5 m ³
Diameter	: 0,4611 m
Panjang	: 2,7663 m
Tebal Shell	: 0,1875 in
Tebal Head	: 0,1875 in
Tinggi Head	: 0,1308 m
Harga	: \$ 1.244

29. Pompa – 04 (P-104)

Tabel 3. 29 Spesifikasi Pompa-04 (P-104)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Pompa
Kode alat	: P-104
Jumlah	: 2 buah
Fungsi	: Mengalirkan produk atas T-103 menuju Tangki-04 (TK-104) sebanyak 762 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tipe aliran	: Radial flow
Kapasitas	: 1 m ³ /jam
N	: 3.500 rpm
N _s	: 622 rpm
NPS	: ½ in
Schedule number	: 40
Total Head	: 8,2111 m
Daya	: 0,5 HP
Harga	: \$ 1.867

30. Cooler-04 (E-109)

Tabel 3. 30 Spesifikasi Cooler-04 (E-109)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: E-106
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menurunkan suhu keluaran Kondensor-03 dari 65,09 °C menjadi 30 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 69.409.4466 kJ/jam
Luas transfer panas	: 4 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 1.369
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / water</i>
Jumlah Hairpin	: 250 buah
NPS	: 2,5
Schedule number	: 40
OD	: 2,88 in
ID	: 2,469 in

Tabel 3.30 Spesifikasi Cooler-04 (E-108) (Lanjutan)

Panjang	: 10 ft
ΔP_a	: 1,9260 psi
Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / Light organic liquid</i>
NPS	: 1,25
Schedule number	: 40
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 10 ft
U_c	: 1,8047 Btu/lb.ft ² .F
U_d	: 0,8003 Btu/lb.ft ² .F
$R_{d_{calculated}}$: 0,6954
$R_{d_{required}}$: 0,0030
ΔP_p	: 3,4399 psi

31. Reboiler-02 (E-110)

Tabel 3. 31 Spesifikasi Reboiler-02 (E-110)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Reboiler
Kode alat	: E-109
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menguapkan hasil bawah Menara Distilasi-02 (T-103) sebanyak 2.188,4657 kg/jam
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 2.900.496,8190 kJ/jam
Luas transfer panas	: 134,1666 ft ²
Bahan konstruksi	: Carbon Steel
Harga	: \$ 1.618
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / steam</i>
Jumlah Hairpin	: 15 buah
NPS	: 2,5
Schedule number	: 40
OD	: 2,88 in
ID	: 2,469 in
Panjang	: 20 ft
ΔP_a	: 0,7006 psi
Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / Light organic liquid</i>
NPS	: 1,25
Schedule number	: 40

Tabel 3.31 Spesifikasi Reboiler-02 (E-110) (Lanjutan)

OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 10 ft
Uc	: 28,9251 Btu/lb.ft ² .F
Ud	: 24,8457 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0057
Rd _{required}	: 0,00030
ΔP_p	: 3,4969 psi

32. Cooler-06 (E-114)

Tabel 3. 32 Spesifikasi Cooler-06 (E-111)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Cooler
Kode alat	: E-114
Jumlah	: 1 buah
Fungsi	: Menurunkan suhu keluaran Menara Distilasi-02 dari suhu 100,9 °C menjadi 30 °C
DATA DESAIN	
Jenis alat	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas	: 636.767 kJ/jam
Luas transfer panas	: 6 m ²
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Harga	: \$ 1.493
Annulus	
Aliran fluida	: <i>Cold fluid / water</i>
Jumlah Hairpin	: 14 buah
NPS	: 2,5
Schedule number	: 40
OD	: 0,0731 m
ID	: 0,0627 m
Panjang	: 3,048 m
ΔP_a	: 3,7424 psi
Inner Pipe	
Aliran fluida	: <i>Hot fluid / Light organic liquid</i>
NPS	: 1,25
Schedule number	: 40
OD	: 0,0421 m
ID	: 0,0350 m
Panjang	: 3,048 m
Uc	: 255,2693 Btu/lb.ft ² .F

Tabel 3.32 Spesifikasi Cooler-06 (E-111)

Ud	: 64,9116 Btu/lb.ft ² .F
Rd _{calculated}	: 0,0115
Rd _{required}	: 0,0030
ΔP_p	: 1,9438 psi

33. Tangki Penyimpanan DME (TK-103)

Tabel 3. 33 Spesifikasi Tangki Penyimpanan DME (TK-103)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Tangki Penyimpanan DME
Kode alat	: TK-103
Jumlah	: 10 buah
Fungsi	: Menyimpan DME kapasitas 15 hari penyimpanan
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki silinder tegak dengan <i>torispherical dished head</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Fase	: Cair
Tekanan	: 10 atm
Suhu	: 32,37 °C
Diameter	: 6,10 m
Tinggi	: 12,8 m
Volume	: 373,6201 m ³
Tebal Shell	Plat 1 : 0,0095 m
	Plat 2 : 0,0079 m
	Plat 3 : 0,0079 m
	Plat 4 : 0,0064 m
	Plat 5 : 0,0064 m
	Plat 6 : 0,0048 m
	Plat 7 : 0,0048 m
Tebal Head	: 0,0508 m
Tinggi Head	: 1,4213 m
Harga	: \$ 42.328

34. Tangki Penyimpanan Metanol (TK-104)

Tabel 3. 34 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Metanol (TK-104)

IDENTIFIKASI	
Nama alat	: Tangki Penyimpanan Metanol
Kode alat	: TK-104
Jumla	: 1 buah
Fungsi	: Menyimpan Metanol kapasitas 7 hari penyimpanan
DATA DESAIN	
Jenis alat	: Tangki silinder tegak dengan <i>formed bottom (Elliptical dished head)</i>
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Fase	: Cair
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Diameter	: 6,10 m
Tinggi	: 5,49 m
Volume	: 160,5772 m ³
Tebal Shell	Plat 1 : 0,0048 m
	Plat 2 : 0,0048 m
	Plat 3 : 0,0048 m
Tebal Head	: 0,0286 m
Tinggi Head	: 0,9918 m
Harga	: \$ 42.328

3.3 Perancangan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku untuk pemenuhan kapasitas pabrik. Bahan baku yaitu gas hidrogen (H₂) diproduksi oleh perusahaan multinasional asal Amerika Serikat Air Products and Chemicals, Inc. dengan fasilitas produksi dan jaringan pemipaan terbesar di dunia hingga ke Asia Tenggara, sementara gas karbon monoksida akan dipasok oleh PT. Aneka Gas Industri yang berlokasi di Cilegon, Banten.

Tabel 3. 35 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
Karbon Monoksida (CO)	5.924	332.657
Hidrogen (H ₂)	426	17.370.808

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel di atas dapat dipastikan bahwa bahan baku CO dan H₂ yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan operasi pabrik dan resiko rendah untuk proses produksi.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan alat proses terdiri atas kemampuan peralatan untuk beroperasi, umur ekonomis peralatan dan jangka waktu perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka dapat ditentukan anggaran dana yang dibutuhkan untuk pengadaan peralatan baik pembelian maupun perawatan alatnya.