

BAB VII. SPESIFIKASI ALAT

7.1 Spesifikasi Alat

Pada unit ini, gas CO₂ yang dihasilkan hingga 90% total kandungan CO₂ dari *Flue gas*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan perancangan peralatan pada unit *Carbon Capture* yang disajikan dalam bentuk tabel:

- **Compressor**

Kompresor (COM-101) berfungsi menaikkan tekanan CO₂ dari V-102 sebelum masuk ke *Heat Exchanger* E-203 (Unit *Reforming*). Pada Tabel 7.1 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 1 Hasil Desain Compressor (COM-101)

Parameter	Suction	Discharge	Unit
Gas Flow Rate	3832,17	3832,17	MMSCFD
Temperature	563,67	597,26	Rankine
Temperature Politropik	1167,60		Rankine
Temperature Adiabatik	597,26		Rankine
Pressure	14,7	455	psia
Compresibility Factor (Z)	0,99	0,87	-
Inside Diameter	29,25	12,75	in
Gas Velocity (Vg)	86,54	33,98	ft/s
Number of Stage	1,3		Stage
Efisiensi Politropik	0,74		-
Efisiensi Adiabatik	0,7		-
GHP	9496,88		HP
CHP	12662,51		HP
DHP	13054,13		HP

- **Scrubber**

Scrubber (V-101) berfungsi membersihkan *flue gas* dari pengotor partikel padatan dan untuk mengabsorb kandungan sulfur untuk melindungi

katalis *bi-reforming*. Pada Tabel 7.2 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 2 Hasil Desain *Scrubber* (V-101)

Parameter	Nilai	Satuan
Temperature	140	°F
Pressure	14,7	psig
Massa jenis uap	2,572	lb/cuft
Massa jenis cairan	2204,62	lb/cuft
Mass flow	307,02	lb/sec
Diameter (D)	3,75	ft
Panjang Scrubber (L)	10,77	ft
L/D	2,87	
Tebal Shell	2/16	in
Tebal Cap	0	in

- **Column**

Kolom Distilasi (C-101) berfungsi untuk penghilangan *sulfur* pada *flue gas* dengan cara absorption dengan bantuan Monoetanolamine (MEA). Pada Tabel 7.3 berikut ini merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 3 Hasil Desain Kolom *Absorber* C-101

Parameter	Atmospheric Distillation	
Bahan	Stainless Steel 304L	
Kapasitas	1044,342	ton/dayr
Temperature Feed	39	°C
Tekanan Feed	1,1	atm
Temperature Top	40	°C
Tekanan Top	1	atm
Temperature Bottom	40	°C

Tekanan Bottom	1	atm
Diameter	6,22	m
Ketebalan Shell	2	in
Type Head	Torispherical	
Ketebalan Head	2	in
Tinggi	17,49	m

Tabel 7. 4 Hasil Desain Kolom *Stripper*

Parameter	Atmospheric Distillation	
Bahan	Stainless Steel 304L	
Kapasitas	517,38	ton/day
Temperature Feed	40	°C
Tekanan Feed	1,1	atm
Temperature Top	120	°C
Tekanan Top	1,5	atm
Temperature Bottom	120	°C
Tekanan Bottom	1,5	atm
Jumlah Tray	21	
Diameter (bottom)	4,41	m
Ketebalan Shell	2	in
Type Head	Torispherical	
Ketebalan Head	2	in
Tinggi	15,43	m

- ***Separator***

Separator 2 (V-102) berfungsi untuk pemisahan produk atas kolom C-102 yang memisahkan komponen gas CO₂ dan liquid untuk dikembalikan sebagai *reflux* ke kolom C-102. Komponen gas CO₂ dijadikan sebagai *feed* unit *reforming* (200). Pada Tabel 7.5 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 5 Hasil Desain CO2 Drum V-102

Parameter	Nilai	Satuan
Diameter (D)	2,50	ft
	0,76	m
Panjang (L)	7,50	ft
	2,29	m
L/D	3,00	
Temp (T)	40,00	C
Pressure (P)	1,00	atm
<i>Retention Time (t) - half-full</i>	573,84	menit
t_{shell}	0,719	in
t_{head}	0,688	in

Tabel 7. 6 Hasil Desain Separator V-201

Parameter	Nilai	Satuan
Diameter (D)	10	ft
	3,05	m
Panjang (L)	4,00	ft
	1,22	m
L/D	2,5	
Temp (T)	30,00	C
Pressure (P)	28,25	atm
<i>Retention Time (t), half-full</i>	1,5	menit
t_{shell}	1,375	in
t_{head}	1,375	in

- **Adsorber**

Adsorber (AD-201) berfungsi untuk menghilangkan senyawa *sulfur* dan pengotor lain dari gas alam dengan bantuan Adsorben (*Zinc Oxide*) sehingga melindungi katalis reformer dan memastikan proses pembentukan gas sintesis berjalan optimal.

Tabel 7. 7 Hasil Desain *Adsorber AD-201*

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Jumlah	n	2	buah
GHSV		1269,23	/h
WAIT		30	C
Inlet Pressure	P _{inlet}	583,71	psig
Inlet Temp	T _{inlet}	30	C
Outlet Pressure	P _{outlet}	583,47	psig
Outlet Temp	T _{outlet}	30	C
Diameter	D	1,98	m
Tinggi	H	7,01	m
Rasio H/D	H/D	3,54	
Berat Katalis	W _{catalyst}	0,35	ton
Berat Reaktor	W _{reactor}	14,55	ton
<i>Pressure Drop</i>	$\Delta P/L$	11,5	kPa/m
Tebal <i>Shell</i>	t _{shell}	1,25	in
Tebal <i>Head</i>	t _{head}	1,25	in

- ***Heater***

Heater (H-201 dan H-202) berfungsi memanaskan feed gas (CO₂ dan *Natural Gas*) sebelum masuk *bi-reforming*. *Heater* (H-201 dan H-202) digunakan untuk mengatur suhu *inlet bi-reforming* agar reaksi sesuai dengan kebutuhan dan berjalan optimal. Tabel 7.8 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 8 Hasil Desain *Heater*

Data Desain			
Kode Alat	H-201	H-202	
Tipe	<i>Vertical Cylindrical</i>		
Material	Carbon Steel		
Beban	55,52	46,06	MMBTU/jam
<i>Fuel Gas Flow</i>	100027,23	50013,61	lb/jam
<i>Fuel Gas GHV</i>	4193,93	4193,93	BTU/lb

Performa			
Fluida	<i>Natural Gas</i> <i>Steam</i>	<i>Natural Gas</i> CO ₂	
Laju Alir	150806,31	125113,60	lb/jam
<i>Inlet Temp</i>	350,00	350,00	°F
<i>Outlet Temp</i>	700,00	700,00	°F
Area Radiasi			
Radiant Surface Area	3.203,23	2.657,50	ft ²
Mass <i>Velocity</i>	332,21	275,61	lb/s.ft ²
<i>Jumlah Pass</i>	2,00	2,00	
OD <i>Tube</i>	3,50	3,50	inch
Panjang <i>Tube</i>	6,70	6,70	ft
Area Konveksi Dan <i>Stank</i>			
Jumlah Pass	2,00	2,00	
OD <i>Tube</i>	3,50	3,50	inch
Jumlah <i>Tube</i>	159,03	131,94	buah
Temp <i>Stack</i>	737,00	737,00	°F
Diameter <i>Stack</i>	2,84	2,58	ft
Tinggi <i>Stack</i>	30,53	30,53	ft
<i>Burner</i>			
Jumlah	8,00	7,00	buah
<i>Heat Release</i>	7,69	7,69	MMBTU/burner
Jenis <i>Burner</i>	<i>Low NOx</i>		

- ***Heat Exchanger***

Heat Echanger (E-101) berfungsi untuk memanaskan produk *bottom* C-101 dan mendinginkan produk *bottom* C-102. Pada Tabel 7.9 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 9 Hasil Desain *Heat Exchanger* E-101

Parameter	Nilai	Nilai	Satuan
	E-101	E-204	
CMTD	79,87	859,36	°F
h_o	346,30	1186,99	Btu/h.ft ² .F
h_i	244,46	1223,55	Btu/h.ft ² .F
h_{io}	178,94	933,81	Btu/h.ft ² .F
$U_{C, cal}$	62,55	18,05	Btu/h.ft ² .F
D_e	0,0825	0,103	ft
R_{dt}	0,0010	0,001	h.ft ² .F/Btu
Parameter	Nilai	Nilai	Satuan
R_{ds}	0,0010	0,001	h.ft ² .F/Btu
$R_{d, calc.}$	0,0075	0,053	h.ft ² .F/Btu
P_T	1,25	1,56	inch
<i>Surface Area (A)</i>	3621,21	6093,38	ft ²
<i>Pitch Type</i>	<i>Square Pitch</i>	<i>Square Pitch</i>	
<i>Tube Clearance ©</i>	0,2500	0,3125	inch
<i>Max. Heat Flux</i>	1603,68	15500,52	Btu/h.ft ²
$\Delta P_{t, T}$	3,692171	3,34	psi
$\Delta P_{s, T}$	9,740000	0,24	psi
Spesifikasi Tube:			
d_o	1,00	1,25	in
d_i	0,732	0,954	in
BWG	10	9	
t_{tabel}	0,134	0,14	in
$a't$	0,421	0,71	in ² /tube
a_o	0,2618	0,32	ft ² /lin.ft
L_t	26,00	28,00	ft
n_t	8	2	passes
N_t	532	665	tubes

Spesifikasi <i>Shell</i>:			
D_s	37,00	39,00	in
n_s	1	1	passes
t_{min}	0,531	0,531	in
n_b	17	18	baffles
B	18,50	19,50	in

- ***Fin fan***

Finfan (AC-101) berfungsi untuk mendinginkan produk *overhead* C-102 sebelum dialirkan ke V-102. Pada Tabel 7.10 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 10 Hasil Desain *Air Cooler* AC-101

Parameter		Nilai	Nilai	Satuan
		AC-101	AC-201	
Luas per Unit		2144	1208	ft ²
Diameter <i>Fan</i> per Unit		20,26	20,83	ft
Parameter		Nilai	Nilai	Satuan
<i>Heat Transfer Coefficient</i>	U_x	2,64	2,42	Btu/jam.ft ² .F
<i>Tube Pressure Drop</i>	ΔP_t	1,50	1,28	psi
<i>Air Pressure Drop</i>	ΔP_a	0,28	1,28	inH ₂ O
Tenaga <i>Fan Driver</i>		35	28	hp
Spesifikasi <i>Tube</i> :				
d_o		1	1	in
d_i		0,67	0,67	in
BWG		8	8	
t_{tabel}		0,165	0,165	in
$t_{min, calc.}$		0,131	0,131	in
L_t		10	24	ft
n_t		3	2	passes
N_t		42	272	tubes

- ***Sweet gas exchanger***

Sweet gas exchanger (E-203) berfungsi untuk mengambil panas dari *gas outlet reforming* untuk memanaskan CO₂ sebelum masuk *Sour gas heater* E-202, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan mendukung proses selanjutnya.

Tabel 7. 11 Hasil Desain *Waste Heat Boiler* E-203

Parameter	<i>Value</i>	Unit
<i>Height</i>		
- Panjang Tube dan Shell (Lt)	3,6576	m
Diameter		
- IDt	17,0180	mm
- ODt	25,4000	mm
- IDs	539,7500	mm
- ODs	551,0708	mm
Jumlah <i>Baffles</i> (N)	1	
<i>No. of Crossing</i> (N+1)	2	
<i>Baffles Spacing</i> (B)	1828,8	mm
<i>Number of tubes</i> (Nt)	529	tubes
<i>Min. Thickness</i>		
- <i>Tube</i>	11,3208	mm
- <i>Shell</i>	11,3208	mm
- <i>Shell Head</i>	11,1997	mm
<i>Mass Flow</i>		
- <i>Tube Inlet</i>	1574709,2415	kg/jam
- <i>Tube Outlet</i>	1574709,2415	kg/jam
- <i>Shell Inlet</i>	7265162,1040	kg/jam
- <i>Shell Outlet</i>	7265162,1040	kg/jam

- **Pompa**

Pompa berfungsi untuk menaikkan tekanan fluida agar dapat mengalir sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya. Pada Tabel 7.13 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan pompa di unit *Carbon Capture*.

Tabel 7. 12 Hasil Desain Pompa

Kode		P-102	P-103	P-104	
Parameter		Nilai			Satuan
Jenis Pompa		<i>Rotary Double Section</i>			
Jenis Penggerak		<i>Electrical Motor</i>			
Temp in	T _s	40,00	120,00	64,5	°C
Kode		P-102	P-103	P-104	
Temp out	T _d	40,00	120,00	64,58	°C
Pressure in	P _s	111,45	101,32	101.32	kPa
Pressure out	P _d	151,98	113.48 4	111.45	kPa
NPS Suction	D _s	6,00	6,00	2,50	in
NPS Discharge	D _d	5,00	5,00	2,00	in
Suction Pipe Thickness	t _s	0,280	0,280	0,203	in
Discharge Pipe Thickness	t _d	0,258	0,258	0,154	in
Pipe Material		<i>A106 Grd. A CC</i>			
Flowrate	Q	605,39	497,80	0,22	m ³ /h
		2665,46	2191,7 5	0,96	GPM
Head	H	12,22	12,21	13,58	m
		40,09	40,07	44,56	ft
Number of Stages	i	1,00	1,00	1,00	stages
Pump Speed	N	975,00	975,00	975,00	RPM
Suction Spec. Speed	S	800,00	800,00	800,00	RPM
NPSH _a		20,13	20,13	12,12	m
NPSH _r		0,60	0,53	0,00	m
Daya Cairan	N _h	0,24	0,20	0,00	hp
Daya Pompa	N _p	0,22	0,18	0,00	hp
Daya Penggerak	N _d	0,24	0,19	0,00	hp

- **Surge Drum (V-301)**

Surge Drum (V-301) berfungsi untuk tempat penampungan sementara *syngas* dari *bireforming unit* sebelum di kompresi pada kompresor (COM-301). Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 7. Berikut data terkait hasil desain *surge drum* pada Tabel 4.11.

Tabel 7. 13 Hasil Perhitungan Desain Surge Drum

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	V-301	
Tipe	Vertikal Separator	
Flowrate	281592,8099	kg/jam
Suhu Operasi (T)	120,00	°C
Tekanan Operasi (P)	21,69	bar
<i>Retention Time (t), half-full</i>	3	menit
Diameter (D)	8,0	ft
	2,4	m
Panjang (L)	25,0	ft
	7,6	m
L/D	3,2	
t_{shell}	1,5	in
t_{head}	1,375	in
Material	SA-516 55	

Referensi perhitungan: (Evans, 1974)

- **Separator 1 (V-401)**

Separator 1 (V-401) berfungsi untuk memisahkan *Methanol* keluaran reaktor dengan *syngas* yang tidak bereaksi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus yang pada lampiran 7. Pada Tabel 4.12 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 14 Hasil Perhitungan Desain Separator

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	V-401	
Tipe	Vertikal Separator	
Flowrate	281592,4824	kg/jam
Suhu Operasi (T)	63	°C
Tekanan Operasi (P)	33,02	bar
<i>Retention Time (t), half-full</i>	5	menit
Diameter (D)	8,0	ft
	2,4	m
Panjang (L)	25,0	ft
	7,6	m

L/D	3,2	
t_{shell}	1,5	in
t_{head}	1,375	in
Material	SA-516 55	

Referensi perhitungan: (Evans, 1974)

- **Separator 2 (V-402)**

Separator 2 (V-402) berfungsi untuk pemisahan lanjutan syngas yang masih terikut pada *crude Methanol* sebelum masuk ke kolom distilasi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 7. Pada Tabel 7.16 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 15 Hasil Perhitungan Separator 2

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	V-402	
Tipe	<i>Horizontal Separator</i>	
Flowrate	160959,7786	kg/jam
Suhu Operasi (T)	61	°C
Tekanan Operasi (P)	12,96	bar
<i>Retention Time (t), half- full</i>	3	menit
Diameter (D)	6,0	ft
	1,8	m
Panjang (L)	23,1	ft
	7,0	m
L/D	3,9	
t_{shell}	1,5	in
t_{head}	1,375	in
Material	SA-516 55	

Referensi perhitungan: (Evans, 1974)

- **Accumulator (V-402)**

Accumulator (V-402) berfungsi untuk menampung produk metanol hasil dan memisahkan gas yang tidak terkondensasi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus dapat lampiran 7. Pada Tabel 7.17 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 16 Hasil Perhitungan Desain Accumulator

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	V-402	
Tipe	<i>Horizontal Separator</i>	
Flowrate	157233,9366	kg/jam

Suhu Operasi (T)	50	°C
Tekanan Operasi (P)	1,01	bar
<i>Retention Time (t), half-full</i>	3	menit
Diameter (D)	6,0	ft
	1,8	m
Panjang (L)	23,1	ft
	7,0	m
L/D	3,9	
t_{shell}	1,5	in
t_{head}	1,375	in
Material	SA-516 55	

Referensi perhitungan: (Evans, 1974)

- **Kompresor (COM-301)**

Kompresor (COM-301) berfungsi menaikkan tekanan *syngas* sebelum masuk ke reaktor. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 12. Pada Tabel 7.18 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 17 Hasil Perhitungan Desain Kompresor

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	COM-301	
Tipe	<i>Multistage Centrifugal</i>	
Jenis Penggerak	<i>Electrical Motor</i>	
<i>Flowrate</i>	790,91	m ³ /s
Densitas Fluida	356,04	kg/m ³
Kompresibilitas	1,01	
Suhu Masuk	119,12	°C
Suhu Keluar	259,24	°C
Tekanan Masuk	314,70	psia
Tekanan Keluar	759,89	psia
<i>Number of Stages</i>	2	<i>Stage</i>
<i>Power Consumed (kW)</i>	438,29	kW
<i>Adiabatic Efficiency</i>	79,880	%

Referensi perhitungan: (GPSA Sec.13, 2004)

- **Reactor Finfan (AC-301)**

Reactor Finfan (AC-301) berfungsi untuk mendinginkan *syngas* keluaran dari kompresor sebelum masuk ke reaktor. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 9. Pada Tabel 7.19 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 18 Hasil Perhitungan Desain *Reactor Finfan*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	AC-301	
Tipe	<i>Force Draft</i>	
Luas per Unit	1104,00	ft ²
Diameter <i>Fan</i> per Unit	16,77	ft
<i>Heat Transfer Coefficient</i>	2,42	Btu/jam.ft ² .°F
<i>Tube Pressure Drop</i>	1,76	psi
<i>Air Pressure Drop</i>	0,34	inH ₂ O
Tenaga <i>Fan Driver</i>	33,00	hp
Spesifikasi <i>Tube</i>:		
d _o	1,000	inch
d _i	0,670	inch
BWG	8	
t _{tabel}	0,165	inch
t _{min, calc.}	0,131	inch
L _t	48,00	ft
n _t	2	passes
N _t	435	tubes

Referensi perhitungan: (GPSA Sec. 10, 2004)

- ***Separator Finfan (AC-401)***

Separator Finfan (AC-401) berfungsi untuk mendinginkan *crude Methanol* sebelum masuk ke *separator*. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 9. Pada Tabel 7.20 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 19 Hasil Perhitungan Desain *Separator Finfan*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	AC-401	
Tipe	<i>Force Draft</i>	
Luas per Unit	1122,00	ft ²
Diameter <i>Fan</i> per Unit	11,95	ft
<i>Heat Transfer Coefficient</i>	2,42	Btu/jam.ft ² .°F
<i>Tube Pressure Drop</i>	1,48	psi
<i>Air Pressure Drop</i>	0,38	inH ₂ O
Tenaga <i>Fan Driver</i>	37,00	hp
Spesifikasi <i>Tube</i>:		
d _o	1,000	inch
d _i	0,670	inch
BWG	8	
t _{tabel}	0,165	inch

$t_{\min, \text{calc.}}$	0,132	inch
L_t	34,00	ft
n_t	2	passes
N_t	627	tubes

Referensi perhitungan: (GPSA Sec. 10, 2004)

- ***Air Condensor (AC-402)***

Air condensor (AC-402) berfungsi untuk mengkondensasi *top product* kolom distilasi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 9. Pada Tabel 7.21 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 20 Hasil Perhitungan Desain *Air Condensor*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	AC-402	
Tipe	<i>Force Draft</i>	
Luas per Unit	2.198,00	ft ²
Diameter <i>Fan</i> per Unit	11,83	ft
<i>Heat Transfer Coefficient</i>	3,51	Btu/jam.ft ² .°F
<i>Tube Pressure Drop</i>	1,08	psi
<i>Air Pressure Drop</i>	0,28	inH ₂ O
Tenaga <i>Fan Driver</i>	44	hp
Spesifikasi Tube:		
d_o	1,000	inch
d_i	0,670	inch
BWG	8	
t_{tabel}	0,165	inch
$t_{\min, \text{calc.}}$	0,131	inch
L_t	14,00	ft
n_t	2	passes
N_t	301	tubes

Referensi perhitungan: (GPSA Sec. 10, 2004)

- ***Product Finfan (AC-403)***

Product Finfan (AC-403) berfungsi untuk mendinginkan produk metanol sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 9. Pada Tabel 7.22 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 21 Hasil Perhitungan Desain *Product Finfan*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	AC-403 <i>Product Finfan</i>	
Tipe	<i>Force Draft</i>	
Luas per Unit	910,00	ft ²
Diameter <i>Fan</i> per Unit	15,22	ft
<i>Heat Transfer Coefficient</i>	2,22	Btu/jam.ft ² .oF
<i>Tube Pressure Drop</i>	1,08	psi
<i>Air Pressure Drop</i>	0,28	inH ₂ O
Tenaga <i>Fan Driver</i>	18,70	hp
Spesifikasi <i>Tube</i>:		
d _o	1,000	inch
d _i	0,670	inch
BWG	8	
t _{tabel}	0,165	inch
t _{min, calc.}	0,131	inch
L _t	14,00	ft
n _t	2	passes
N _t	249	tubes

Referensi perhitungan: (GPSA Sec. 10, 2004)

- ***Recycle Heat Exchanger (E-301)***

Recycle Heat Exchanger (E-301) berfungsi untuk memanaskan gas yang akan di *recycle* menuju rektor dengan memanfaatkan panas dari *crude Methanol*. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 8. Pada Tabel 7.23 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 22 Hasil Perhitungan Desain *Recycle Heat Exchanger*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	E-301	
Tipe	<i>Shell & Tube</i>	
CMTD	240,41	F
h _o	177,63	Btu/h.ft ² .F
h _i	376,52	Btu/h.ft ² .F
h _{io}	287,36	Btu/h.ft ² .F
UC, cal	18,04	Btu/h.ft ² .F
De	0,1031	ft
R _{dt}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
R _{ds}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
R _{d, calc.}	0,0463	h.ft ² .F/Btu
P _T	1,5625	inch

<i>Surface Area (A)</i>	1165,01	ft ²
<i>Pitch Type</i>	Square Pitch	
<i>Tube Clearance (C)</i>	0,3125	inch
Max. Heat Flux	4335,61	Btu/h.ft ²
$\Delta P_t, T$	3,137053	psi
$\Delta P_s, T$	1,093196	psi
Spesifikasi Tube:		
d_o	1,25	inch
d_i	0,954	inch
BWG	9	
t_{label}	0,148	inch
$a't$	0,714	in ² /tube
a_o	0,3271	ft ² /lin.ft
L_t	20,00	ft
n_t	2	passes
N_t	178	tubes
Spesifikasi Shell:		
D_s	29,00	inch
n_s	1	passes
t_{min}	0,781	inch
n_b	17	baffles
B	14,50	inch

Referensi Perhitungan: (Kern, 1983)

- ***Product Heat Exchanger (E-401)***

Product Heat Exchanger (E-401) berfungsi untuk memanaskan *feed* sebelum masuk ke kolom distilasi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 8. Pada Tabel 7.24 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 23 Hasil Perhitungan Desain *Product Heat Exchanger*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	E-301	
Tipe	<i>Shell & Tube</i>	
CMTD	195,35	°F
h_o	177,63	Btu/h.ft ² .F
h_i	376,52	Btu/h.ft ² .F
h_{io}	287,36	Btu/h.ft ² .F
UC, cal	20,11	Btu/h.ft ² .F
De	0,1031	ft
R_{dt}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
R_{ds}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
$R_d, calc.$	0,0406	h.ft ² .F/Btu
P_T	1,5625	inch

Surface Area (A)	1874,48	ft ²
Pitch Type	Square Pitch	
Tube Clearance (C)	0,3125	inch
Max. Heat Flux	3926,54	Btu/h.ft ²
ΔP_t , T	1,197200	psi
ΔP_s , T	4,058645	psi
Spesifikasi Tube:		
d_o	1,25	inch
d_i	0,954	inch
BWG	9	
t_{tabel}	0,148	inch
$a't$	0,714	in ² /tube
a_o	0,3271	ft ² /lin.ft
L_t	32,00	ft
n_t	2	passes
N_t	179	tubes
Spesifikasi Shell:		
D_s	29,00	inch
n_s	1	passes
t_{min}	0,781	inch
n_b	27	baffles
B	14,50	inch

Referensi Perhitungan: (Kern, 1983)

- **Reboiler (E-402)**

Reboiler (E-402) berfungsi untuk menjaga suhu *bottom* kolom distilasi dengan memanfaatkan pemanas *steam*. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 8. Pada Tabel 7.25 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 24 Hasil Perhitungan Desain *Reboiler*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	E-401	
Jumlah STHE	1,00	unit
CMTD	125,22	°F
h_o	429,43	Btu/h.ft ² .F
h_i	2844,04	Btu/h.ft ² .F
h_{io}	2002,20	Btu/h.ft ² .F
$U_{C, cal}$	62,27	Btu/h.ft ² .F
D_e	0,1757	ft
R_{dt}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
R_{ds}	0,0010	h.ft ² .F/Btu
$R_{d, calc.}$	0,0132	h.ft ² .F/Btu
P_T	1,5625	inch

<i>Surface Area (A)</i>	502,65	ft ²
<i>Pitch Type</i>	<i>Square Pitch</i>	
<i>Tube Clearance (C)</i>	0,5625	inch
<i>%Oversurface</i>	0,58	%
<i>%Overdesign</i>	0,36	%
$\Delta P_{t, T}$	0,018282	psi
$\Delta P_{s, T}$	0,001888	psi
Spesifikasi Tube:		
d_o	1,00	inch
d_i	0,704	inch
BWG	9	
t_{tabel}	0,148	inch
$a't$	0,389	in ² /tube
a_o	0,2618	ft ² /lin.ft
L_t	15,00	ft
n_t	4	passes
N_t	128	tubes
Spesifikasi Shell:		
D_s	21,25	inch
n_s	1	passes
t_{min}	0,719	inch
n_b	22	baffles
B	8,50	inch

Referensi Perhitungan: (Kern, 1983)

- **Reboiler Pump (P-401)**

Reboiler Pump (P-401) berfungsi untuk mengalirkan fluida menuju *reboiler*. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 13. Pada Tabel 7.26 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 25 Hasil Perhitungan Desain Reboiler Pump

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	P-401	
Jenis Pompa	<i>Rotary Pump</i>	
Jenis Penggerak	<i>Electrical Motor</i>	
Suhu Masuk (T_s)	96,56	°C
Suhu Keluar (T_d)	96,56	°C
Tekanan Masuk (P_s)	266,39	kPa
Tekanan Keluar (P_d)	424,26	kPa
<i>NPS Suction</i> (D_s)	2,00	inch
<i>NPS Discharge</i> (D_d)	2,50	inch
<i>Suction Pipe Thickness</i> (t_s)	0,154	inch

<i>Discharge Pipe Thickness (t_d)</i>	0,203	inch
<i>Pipe Material</i>	<i>A106 Grd. A CC</i>	
<i>Flowrate (Q)</i>	3,06	m ³ /h
	13,47	GPM
<i>Head (H)</i>	21,68	m
	71,13	ft
<i>Number of Stages (i)</i>	1,00	<i>stages</i>
<i>Pump Speed (N)</i>	975,00	RPM
<i>Suction Spec. Speed (S)</i>	800,00	RPM
<i>NPSH_a</i>	1,79	m
<i>NPSH_r</i>	0,04	m
<i>Daya Cairan (N_h)</i>	0,18	hp
<i>Daya Pompa (N_p)</i>	0,26	hp
<i>Daya Penggerak (N_d)</i>	0,27	hp

Referensi Perhitungan: (GPSA Sec. 12, 2004)

- **Reflux Pump (P-402)**

Reflux Pump (P-402) berfungsi untuk mengalirkan fluida menuju kolom distilasi. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 13. Pada Tabel 7.27 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 26 Hasil Perhitungan Desain *Reflux Pump*

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	P-401	
Jenis Pompa	<i>Rotary Pump</i>	
Jenis Penggerak	<i>Electrical Motor</i>	
Suhu Masuk (T _s)	64,57	°C
Suhu Keluar (T _d)	64,57	°C
Tekanan Masuk (P _s)	208,67	kPa
Tekanan Keluar (P _d)	334,59	kPa
<i>NPS Suction (D_s)</i>	5,00	inch
<i>NPS Discharge (D_d)</i>	5,00	inch
<i>Suction Pipe Thickness (t_s)</i>	0,258	inch
<i>Discharge Pipe Thickness (t_d)</i>	0,258	inch
<i>Pipe Material</i>	<i>A106 Grd. A CC</i>	
<i>Flowrate (Q)</i>	77,09	m ³ /h
	339,43	GPM
<i>Head (H)</i>	17,29	m
	56,73	ft
<i>Number of Stages (i)</i>	1,00	<i>stages</i>

<i>Pump Speed (N)</i>	975,00	RPM
<i>Suction Spec. Speed (S)</i>	800,00	RPM
$NPSH_a$	10,01	m
$NPSH_r$	0,31	m
<i>Daya Cairan (N_h)</i>	3,67	hp
<i>Daya Pompa (N_p)</i>	5,24	hp
<i>Daya Penggerak (N_d)</i>	5,52	hp

Referensi Perhitungan: (GPSA Sec. 12, 2004)

- **Reaktor *Methanol Sintesis* (R-301 A/B)**

Reaktor (R-301 A/B) berfungsi sebagai tempat mereaksikan *syngas* menjadi *Methanol*. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 10. Pada Tabel 4.25 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 27 Hasil Desain Reaktor *Methanol Sintesis* (R-301 A/B)

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	R-301	
Tipe	<i>Fixed Bed Reactor</i>	
<i>Flowrate</i>	195.790,7867	kg/jam
Suhu Operasi	260	°C
Tekanan Operasi	50	bar
Densitas	13,446	kg/m ³
Katalis	Cu/ZnO/Al ₂ O ₃	
Volume Flow	4,045	m ³ /s
Diameter	2,5	m
Tinggi	9,7	m
<i>t shell</i>	1,218	inch
<i>t head</i>	1,196	inch
Material	SA-204 Gr. C	

Referensi Perhitungan: (Lucking, 2017)

- **Kolom Distilasi (C-401)**

Kolom Distilasi (C-401) berfungsi untuk memisahkan metanol dari air hasil produk samping. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 11. Pada Tabel 7.29 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 28 Hasil Desain Kolom Distilasi (C-401)

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	C-401	
Jenis	<i>Atmospheric Distillation</i>	
Bahan	Stainless Steel 304L	
Kapasitas	162.421,056	kg/jam

Temperature Feed	84,50	°C
Tekanan Feed	1,76	atm
Temperature Top	79,60	°C
Tekanan Top	1,14	atm
Temperature Bottom	96,56	°C
Tekanan Bottom	1,60	atm
Jumlah Plate	24,00	Plates
Diameter	5,00	m
Ketebalan Shell	2	in
Type Head	Semi Ellipsoidal	
Ketebalan Head	2	in
Tinggi	17,36	m

Referensi Perhitungan: (Coulson & Richardson's, 2005)

- **Tangki Metanol (T-401)**

Tangki Metanol (T-401) berfungsi sebagai tempat penampung produk metanol. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 6. Pada Tabel 7.30 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 29 Hasil Desain Tangki Metanol (T-401)

Parameter	Nilai	Satuan
Kode Alat	T-401	
Tinggi Tangki (H_t)	48,00	ft
Diameter Tangki (D_t)	57,30	ft
Luas Area (A)	56.078,24	ft ²
Volume Tanggul (V)	112.156,49	ft ³ /tank
Tinggi Tanggul (H_d)	2,00	ft
Jumlah Tangki (n_t)	6,00	tangki
Waktu Operasi (t)	4,00	hari
Kapasitas (Q)	29.505,91	bbl/d
Kebutuhan Pelat Total (n_{tot})	63,00	pelat
Ketebalan:		
<i>Course 1</i>	0,40	inch
<i>Course 2</i>	0,36	inch
<i>Course 3</i>	0,33	inch
<i>Course 4</i>	0,30	inch
<i>Course 5</i>	0,26	inch
<i>Course 6</i>	0,23	inch
<i>Course 7</i>	0,25	inch
<i>Roof Plates</i>	0,32	inch
Jarak Tank to:		
<i>Public Way / Imp. Building</i>	22,50	ft
<i>Property Line / Development</i>	67,50	ft

<i>Shell-to-Shell</i>	57,30	ft
<i>Tank-to-Dike</i>	60,00	ft

Referensi Perhitungan: (API 650, 2005)

- **Perpipaan**

Perpipaan (U1-10) berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan fluida proses. Perhitungan desain peralatan ini menggunakan rumus pada lampiran 13. Pada Tabel 7.31 berikut merupakan data terkait hasil desain peralatan ini.

Tabel 7. 30 Hasil Desain Perpipaan Unit 3 dan 4

Kode Pipa	Length (m)	Diameter (m)	Deskripsi
U1	22	0,5746	V-301 to COM-301
U2	25	0,6096	COM-301 to R-301
U3	15	0,6096	R-301 to E-301
U4	17	0,6096	E-301 to AC-301 A/B
U5	17	0,6096	AC-301 A/B to V-302
U6	26	0,4287	V-302 to V-301 output (Recycle)
U7	15	0,7778	V-302 to C-401
U8	12	0,5746	C-401 to V-401
U9	18	0,4778	V-401 to V-302 output (Recycle)
U10	6	0,7778	V-401 to P-401
U11	6	0,4778	P-401 to C-401
U12	11	0,7778	V-401 to AC-402
U13	90	0,7778	V-401 to T-401 A/B

Referensi Perhitungan: (API B36, 2015)