

BAB III

PERANCANGAN PROSES

1.1. Uraian Proses

Pada pra rancangan pabrik Morpholine ini, bahan baku atau reaktan yang digunakan adalah Diethanolamine dan Oleum sebagai katalis. Proses ini berlangsung pada suhu 190 °C dengan yield Morpholine yang dapat diperoleh sebesar 99%. (U.S PATENT Office, 1931).

1.1.1. Uraian Proses Morpholine

Proses pembuatan *Morpholine* digunakan bahan baku *Diethanolamine* dengan kemurnian 99% dan *Oleum* dengan kemurnian 99,9%. Reaksi ini berlangsung pada suhu 190 °C dan pada tekanan 10 atm secara kontinyu. *Diethanolamine* yang berasal dari tangki penyimpanan yang berbentuk silinder vertikal (T-01) pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm, dialirkan menuju Reaktor (R-01) dengan menggunakan pompa dengan jenis sentrifugal Pompa III (P-03), kemudian bercampur dengan *Oleum* tangki penyimpanan yang berbentuk silinder vertikal (T-02) pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm, dialirkan menuju Reaktor (R-01) dengan menggunakan pompa dengan jenis sentrifugal Pompa IV (P-03). Sebelum memasuki Reaktor (R-01), larutan *Diethanolamine* di panaskan menggunakan *Heater* (HE-01) sampai suhu 190°C dan tekanan 10 atm. Selain itu sebelum memasuki Reaktor (R-01), larutan *Oleum* di panaskan menggunakan *Heater* (HE-02) sampai suhu 190°C dan tekanan 10 atm.

Komposisi reaktan yaitu Diethanolamin dan Oleum dengan perbandingan 3 : 1. Reaktan yang telah memenuhi kondisi operasi tersebut, diumpankan ke dalam reaktor (R-01) dengan kondisi *isothermal* yang merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada keadaan *steady state*. Reaksi pembentukan Morpholine dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Akibat panas yang ditimbulkan, suhu reaksi dijaga konstan menggunakan pendingin. Dalam hal ini digunakan Coil untuk mencegah reaksi melewati range suhu yang diizinkan. Setelah reaktan tersebut selesai diproses, kemudian dikeluarkan dari reaktor. Larutan yang keluar dari reaktor terdiri dari produk dan sebagian bahan baku yang belum bereaksi. Produk yang keluar dari reaktor terdiri dari *Diethanolamine*, *Oleum* dan Morpholine. Larutan keluaran reaktor kemudian dialirkan menuju Reaktor II (R-02) menggunakan pompa V (P-05) dengan jenis pompa sentrifugal.

Fungsi dari Reaktor II (R-02) sendiri adalah untuk mengoptimasi hasil keluaran dari Reaktor II (R-02). Kemudian hasil dari Reaktor (R-02) akan di alirkan menuju *Stripper (ST-01)* menggunakan Pompa VI (P-06) dengan jenis pompa sentrifugal. Sebelum menuju Stripper, campuran akan di dinginkan menggunakan Cooler (CL-01) kemudian baru dimasukkan menuju Stripper.

Di dalam *Stripper* ini akan dilakukan pemisahan terhadap katalis Asam Asetat yang digunakan selama proses pembentukan. Penghilangan

katalis ini dilakukan untuk menghindari adanya asam kuat yang terdapat dalam campuran sebelum memasuki Menara Distilasi. Hasil keluaran *Stripper* yang berupa *Asam Sulfat* akan di alirkan menuju tangki penyimpanan *Asam Sulfat* (T-03) yang sebelumnya di dinginkan menggunakan Cooler (CL-02) dan Cooler (CL-03). Kemudian keluaran dari *Centrifuge* yang berupa gas akan di alirkan menuju Menara Distilasi I (MD-01) menggunakan Pompa VII (P-07) dengan jenis pompa setrifugal.

Fungsi dari Menara Distilasi I (D-111) yaitu untuk memisahkan *Morpholine* dengan campuran yang lainnya. Untuk kandungan hasil bawah Menara Distilasi I (MD-01) yaitu terdiri dari *Morpholine* dan Air, dan kemudian di alirkan menuju Tangki Penyimpana Produk (T-04) menggunakan Pompa (P-09) dengan jenis pompa sentrifugal. Sebelumnya larutan di dinginkan menggunakan Cooler (CL-04). Hasil atas menara distilasi I (MD-01) dialirkan menggunakan Pompa (P-08) menuju UPL yang sebelumnya sudah di dinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan Cooler (CL-05).

1.2. Spesifikasi Alat Proses

Spesifikasi pada pabrik *Morpholine* dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah pesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik *morpholine* dari *diethanolamine* dan oleum.

1.2.1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku *Diethanolamine* (T-01)

Tugas : Tempat menyimpan *diethanolamine* dengan waktu tinggal 7 hari.

Fase : Cair

Jumlah : 1 buah

Volume : 856.815 gallon

Bahan : *stainless steel SA 240 grade S*

Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
: Suhu : 30°C

Spesifikasi : Tinggi : 10,104 m
: Diameter : 20,208 m

Harga : \$ 883.879

1.2.2. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Oleum (T-02)

Tugas : Tempat Penyimpanan Oleum dengan waktu tinggal 7 hari.

Fase : Cair

Jumlah : 1 buah

Volume : 824.706,303 gallon

Bahan : *carbon steel 283 grade C*

Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
: Suhu : 30°C

Spesifikasi : Tinggi : 9,976 m

: Diameter : 19,952 m
 Harga : \$ 679.907

1.2.3. Tangki Panyimpanan Produk Asam Sulfat (T-03)

Tugas : Tempat Penyimpanan Asam Sulfat dengan waktu tinggal 30 hari.

Fase : Cair
 Jumlah : 1 buah
 Volume : 910.087,438 gallon
 Bahan : *stainless steel SA 240 grade S*
 Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm
 : Suhu : 30°C
 Spesifikasi : Tinggi : 10,309 m
 : Diameter : 20,618 m
 Harga : \$ 679.907

1.2.4. Tangki Panyimpanan Produk *Morpholine* (T-04)

Tugas : menyimpan produk *Morpholine* selama 14 hari

Jenis : silinder tegak dengan *conicalbottomhead*

Bahan konstruksi : *carbonsteel SA-283 grade C*

Jumlah : 1 unit

Kondisi ruangan : Temperatur = 30 °C

: Tekanan = 1 atm

Kapasitas	:	715.767,875 gallon
Ukuran	:	Diameter = 19,032 m
	:	Tinggi = 9,516 m
Harga	:	\$ 679.907

1.2.5. Reaktor (R-01)

Tugas	:	Mereaksikan <i>Diethanolamine</i> dan Oleum
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Kondisi Operasi	:	Eksotermis
	:	Tekanan = 10 atm
	:	Suhu = 190 °C
Spesifikasi	:	Diameter = 1,65 m
	:	Tinggi = 2,47 m
	:	Tebal shell = $\frac{3}{8}$ in
	:	Tebal Head = $\frac{3}{8}$ in
Volume cairan dalam head	:	0,5873 m ³
Volume dibadan RATB	:	4,7962 m ³
Tinggi cairan dibadan RATB	:	2,2453 m
Type pengaduk	:	type Marine
Jumlah baffle	:	4 buah
Jumlah Blade	:	3 buah
Diameter impeler	:	54,99 cm
Tinggi impeler	:	54,99 cm

Lebar baffle	: 5,50 cm
Digunakan motor, daya	: 0,5 Hp
Tebal jaket	: 3 in
Jenis bahan jaket	: <i>asbes 304</i>
Jumlah	: 2
Bahan	: <i>baja stainless steel 303</i>
Harga	: \$ 271.963

1.2.6. Stripper (ST-01)

Tugas	: Memisahkan <i>Asam Sulfat</i> dan <i>Morpholine</i>
Jenis	: <i>Sieve Plate Stripper Tower</i>
Kondisi Operasi di Puncak Menara	
	: suhu = 122,934 °C
	: tekanan = 1 atm
Kondisi operasi di Dasar Menara	
	: suhu = 333,743 °C
	: tekanan = 1 atm
Kondisi operasi di Umpan Menara	
	: suhu = 141,534 °C
	: tekanan = 1 atm
Jumlah plate	: 3 plate
Dimensi	: tinggi menara = 3,9 m
	: diameter puncak = 1,33 m

	: diameter dasar	= 1,33 m
Tebal Menara	: shell	= $\frac{3}{16}$ in
	: head	= $\frac{3}{16}$ in
Bahan	: <i>stainless steel SA 167 grade 3</i>	
Harga	: \$ 24.477	

1.2.7. Menara Distilasi I (MD-01)

Tugas : Memisahkan Morpholine sebagai hasil bawah menara Distilasi dengan kecepatan umpan masuk 14.314,3413 Kg/jam

Jenis : *Sieve Plate Distillation Tower*

Kondisi Operasi di Puncak Menara

: suhu = 100,77 °C

: tekanan = 1 atm

Kondisi operasi di Dasar Menara

: suhu = 134,91 °C

: tekanan = 1 atm

Kondisi operasi di Umpan Menara

: suhu = 115,94 °C

: tekanan = 1 atm

Jumlah plate : seksi rectifying = 16 plate

: seksi stripping = 14 plate

Dimensi : tinggi menara = 16,12 m

: diameter puncak = 1,55 m

	: diameter dasar	= 2,30 m
Tebal Menara	: shell	= $\frac{3}{16}$ in
	: head	= $\frac{3}{16}$ in
Bahan	: <i>stainless steel SA 167 grade 3</i>	
Harga	: \$ 509.930	

1.2.8. Condensor I (CD-01)

Tugas : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak Stripper pada suhu 122,9°C.

Jenis	: <i>double pipe condenser</i>	
Beban panas (Qc)	: 3.410.560,5 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 1.248,41 sqft	
Umpan dan pendingin	: kecepatan umpan masuk = 14.832,57 lb/j	
	: kecepatan air pendingin = 482,63 lb/j	
	: jumlah hairpin = 5	
Inner pipe	: OD pipa; BWG = 1,660; 40	
	: ID pipa = 1,380	
	: Flow Area = 0,00826 in ²	
	: Surface Area = 0,622 ft ² /ft	
	: Pressure drop = 0,0029 psi	
	: Panjang = 20,00 ft	
Annulus	: OD pipa; BWG = 2,380; 40	
	: ID pipa = 2,0670	

	: Pressure drop	= 0,007 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel</i>	
Harga	: \$ 5.008	

1.2.9. Condensor II (CD-02)

Tugas : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak menara *MD-01* pada suhu 100,8°C.

Jenis	: <i>double pipe condenser</i>	
Beban panas (Qc)	: 1.022.204,965 Kj/jam	
Luas transfer panas	: 84,2274 sqft	
Umpan dan pendingin	: kecepatan umpan pendingin	= 1489,33 lb/j
	: kecepatan air pendingin	= 641,597 lb/j
	: jumlah hairpin	= 13
Inner pipe	: OD pipa; BWG	= 1,660; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Flow Area	= 0,00826 in ²
	: Surface Area	= 0,622 ft ² /ft
	: Pressure drop	= 0,0004 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Annulus	: OD pipa; BWG	= 2,380; 40
	: ID pipa	= 2,0670

	: Pressure drop	= 0,0242 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel</i>	
Harga	: \$ 69.636	

1.2.10. Accumulator I (ACC-01)

Tugas	: Menampung sementara hasil atas <i>ST-01</i> dengan waktu tinggal 20 menit.	
Kondisi Operasi	: Tekanan	= 1 atm
	: Suhu	= 122,91°C
Jenis	: tangki silinder horizontal	
Bahan	: <i>stainless steel SA 178 grade C</i>	
Volume	: 17,0071 m ³	
Spesifikasi	: diameter	= 2,1 m
	: panjang	= 4,2 m
	: tebal shell	= $\frac{3}{16}$ in
	: tebal head	= $\frac{3}{16}$ in
Harga	: \$ 237.967	

1.2.11. Accumulator II (ACC-02)

Tugas	: Menampung sementara hasil atas <i>MD-01</i> dengan waktu tinggal 20 menit.	
Kondisi Operasi	: Tekanan	= 1 atm

	: Suhu	= 100,8°C
Jenis	: tangki silinder horizontal	
Bahan	: <i>stainless steel SA 178 grade C</i>	
Volume	: 8,1132 m ³	
Spesifikasi	: diameter	= 1,64 m
	: panjang	= 3,29 m
	: tebal shell	= $\frac{3}{16}$ in
	: tebal head	= $\frac{3}{16}$ in
Harga	: \$ 67.991	

1.2.12. Reboiler I (RB-01)

Tugas	: Menguapkan sebagian hasil bawah <i>ST-01</i> pada suhu 333,7°C dengan pemanas steam jenuh pada suhu 200°C.	
Jenis	: <i>shell and tube kettle reboiler</i>	
Beban panas (Qc)	: 4.188.001,5 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 2.604,50 sqft	
Umpan dan pendingin	: kecepatan umpan masuk	= 114.509 lb/j
	:kecepatan steam jenuh	= 113.748,2 lb/j
	: jumlah hairpin	= 2
Inner pipe	: OD pipa; BWG	= 1,660; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Flow Area	= 0,0826 in ²
	: Surface Area	= 0,622 ft ² /ft

	: Pressure drop	= 0,1773 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Annulus	: OD pipa; BWG	= 2,380; 40
	: ID pipa	= 2,0670
	: Pressure drop	= 0,0213 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel</i>	
Harga	: \$ 101.986	

1.2.13. Reboiler II (RB-02)

Tugas	: Menguapkan sebagian hasil bawah <i>MD-01</i> pada suhu 134,9°C dengan pemanas steam jenuh pada suhu 200°C.	
Jenis	: <i>shell and tube kettle reboiler</i>	
Beban panas (Qc)	: 3.494.456,25 Kcal/jam	
Luas transfer panas	: 981,29 sqft	
Umpan dan pendingin	: kecepatan umpan masuk	= 94.222,52 lb/j
	: kecepatan steam jenuh	= 15.633,47 lb/j
	: jumlah hairpin	= 3
Inner pipe	: OD pipa; BWG	= 1,660; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Flow Area	= 0,00826 in ²
	: Surface Area	= 0,622 ft ² /ft

	: Pressure drop	= 0,1186 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Annulus	: OD pipa; BWG	= 2,380; 40
	: ID pipa	= 2,0670

	: Pressure drop	= 0,0074 psi
	: Panjang	= 20,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel</i>	
Harga	: \$ 54.393	

1.2.14. Cooler I (CL-01)

Tugas : Mendinginkan sebelum masuk ke Reaktor dari suhu 190°C menjadi suhu 141,5°C.

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Beban panas (Qc) : 545.036,8154 kJ/jam

Luas transfer panas : 38 sqft

Umpan dan pemanas : kecepatan umpan masuk = 7.181,95 lb/j

: kecepatan steam jenuh = 19.096,98 lb/j

: jumlah hairpin = 7

Inner pipe : OD pipa = 1,66 ; 40

: ID pipa = 1,380

: Pressure drop = 0,105 psi

: Panjang = 15,00 ft

Annulus	: OD pipa	= 2,38 ; 40
	: ID pipa	= 2,067
	: Pressure drop	= 0,216 psi
	: Panjang	= 15,00 ft

Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>
Harga	: \$ 3.458

1.2.15. Cooler II (CL-02)

Tugas : Mendinginkan produk Asam Asetat sebelum masuk tangki penyimpanan dari suhu 333,7°C menjadi suhu 160°C.

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas (Qc)	: 389.988,7467kJ/jam
Luas transfer panas	: 71 sqft
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk = 5.566,22 lb/j
	: kecepatan steam jenuh = 13.664,41 lb/j
	: jumlah hairpin = 13

Inner pipe	: OD pipa	= 1,66 ; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Pressure drop	= 0,068 psi
	: Panjang	= 15,00 ft

Annulus	: OD pipa	= 2,38 ; 40
	: ID pipa	= 2,067

	: Pressure drop	= 0,152 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>	
Harga	: \$ 4.889	

1.2.16. Cooler III (CL-03)

Tugas : Mendinginkan produk Asam Asetat sebelum masuk tangki penyimpanan dari suhu 160°C menjadi suhu 35°C.

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Beban panas (Qc)	: 215.950,0373 kJ/jam	
Luas transfer panas	: 38 sqft	
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk = 1.489,34 lb/j	
	: kecepatan steam jenuh = 34.271,21 lb/j	
	: jumlah hairpin = 7	
Inner pipe	: OD pipa = 1,66 ; 40	
	: ID pipa = 1,380	
	: Pressure drop = 0,023 psi	
	: Panjang = 15,00 ft	
Annulus	: OD pipa = 2,38 ; 40	
	: ID pipa = 2,067	
	: Pressure drop = 0,0127 psi	
	: Panjang = 15,00 ft	

Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>
Harga	: \$ 3.468

1.2.17. Cooler IV (CL-04)

Tugas : Mendinginkan produk Morpholine sebelum masuk tangki penyimpanan dari suhu 134,9°C menjadi suhu 35°C.

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Beban panas (Qc)	: 545.036,8154 kJ/jam
Luas transfer panas	: 38 sqft
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk = 7.181,95 lb/j : kecepatan steam jenuh = 19.096,98 lb/j : jumlah hairpin = 7
Inner pipe	: OD pipa = 1,66 ; 40 : ID pipa = 1,380 : Pressure drop = 0,105 psi : Panjang = 15,00 ft
Annulus	: OD pipa = 2,38 ; 40 : ID pipa = 2,067 : Pressure drop = 0,216 psi : Panjang = 15,00 ft
Jumlah	: 1 buah
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>
Harga	: \$ 3.458

1.2.18. Cooler V (CL-05)

Tugas : Mendinginkan produk atas Menara Distilasi sebelum menuju UPL dari suhu $100,8^{\circ}\text{C}$ menjadi suhu 35°C .

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Beban panas (Qc)	: 545.036,8154 kJ/jam	
Luas transfer panas	: 38 sqft	
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk	= 7.181,95 lb/j
	: kecepatan steam jenuh	= 19.096,98 lb/j
	: jumlah hairpin	= 7
Inner pipe	: OD pipa	= 1,66 ; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Pressure drop	= 0,105 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Annulus	: OD pipa	= 2,38 ; 40
	: ID pipa	= 2,067
	: Pressure drop	= 0,216 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>	
Harga	: \$ 3.458	

1.2.19. Heater I (HE-01)

Tugas : Memanaskan umpan Diethanolamine masuk ke *Reaktor* dari suhu 30 °C menjadi suhu 190 °C dengan pemanasan steam jenuh pada suhu 250 °C.

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Beban panas (Qc)	: 539.760,4011 KJ/jam	
Luas transfer panas	: 27,15 sqft	
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk	= 10.742,2 lb/j
	: kecepatan steam jenuh	= 12.481,15 lb/j
	: jumlah hairpin	= 5
Inner pipe	: OD pipa	= 1,66 ; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Pressure drop	= 0,534 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Annulus	: OD pipa	= 2,38 ; 40
	: ID pipa	= 2,067
	: Pressure drop	= 0,838 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel</i> SA 316	
Harga	: \$ 3.100	

1.2.20. Heater II (E-132)

Tugas : Memanaskan umpan Oleum masuk ke *Reaktor* dari suhu 30 °C menjadi suhu 190 °C dengan pemanas steam jenuh pada suhu 250 °C.

Jenis	: <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Beban panas (Qc)	: 363.419,978 kJ/jam	
Luas transfer panas	: 16,29 sqft	
Umpan dan pemanas	: kecepatan umpan masuk	= 5.419,92 lb/j
	: kecepatan steam jenuh	= 8.403,54 lb/j
	: jumlah hairpin	= 3
Inner pipe	: OD pipa	= 1,66 ; 40
	: ID pipa	= 1,380
	: Pressure drop	= 0,177 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Annulus	: OD pipa	= 2,38 ; 40
	: ID pipa	= 2,067
	: Pressure drop	= 0,423 psi
	: Panjang	= 15,00 ft
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: <i>stainless steel SA 316</i>	
Harga	: \$ 2.504	

1.2.21. Pompa I (P-01)

Fungsi : Mengalirkan keluaran dari *Tangki Penyimpanan* menuju

Reaktor I (R-01) dengan kecepatan = 7.335,644 kg/j

Jenis : pompa sentrifugal

Kapasitas : 42,144 gpm

Pemilihan pipa : IPS = 3,0

: Sch. No = 40

: OD = 3,5 in

: ID = 3,068 in

Head pompa : friction head = 0,030 m

: pressure head = 0,00 m

: velocity head = 0,00 m

: static head = 5,0 m

Putaran pompa : kecepatan putar = 1000 rpm

: efisiensi motor = 0,80

: motor standard = 0,25 Hp

Jumlah pompa : 2 pompa

Harga : \$ 2.623

Nama	Kapasitas (gpm)	Head pompa (ft)	Tenaga pompa (hP)	Jumlah	Harga (\$)
P-02	10,905	10,1216	0,0371	2	\$ 9.576
P-03	10,905	3,5468	0,013	2	\$ 9.576
P-04	10,905	3,4766	0,0127	2	\$ 9.576
P-05	0,015	3,2808	0,005	2	\$ 6.964
P-06	0,015	0,015	9,8425	2	\$ 6.964
P-07	71,710	10,7402	0,2589	2	\$ 9.576
P-08	71,710	3,8060	0,0918	2	\$ 9.576
P-09	4,384	16,6120	0,024	2	\$ 9.576
P-10	6,35	4,5647	0,084	2	\$ 9.576
P-11	10,83	6,7653	0,075	2	\$ 9.576