

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1.1 Methanol

Berdasarkan data referensi Coulson & Richardson (2003) dan PT Kaltim Methanol Industri (2026), spesifikasi methanol sebagai berikut:

Rumus molekul	: CH_3OH
Berat molekul	: 32,042 gr/mol
Wujud	: Cair (kondisi 1 atm 27°C)
Titik didih	: 64,6 °C
Titik beku	: -97,7 °C
Temperature kritis	: 239,6 °C (512,6 K)
Tekanan kritis	: 81 bar
Volume kritis	: 0,118 m ³ /mol
Panas penguapan	: 35.278 J/mol (<i>normal boiling point</i>)
Densitas	: 785 kg/m ³ (<i>reference temperature at 25 °C</i>)
Viskositas	: 0.54 mPa·s (<i>reference temperature at 25 °C</i>)
Kapasitas Panas	: 2.51 kJ/kg·K (<i>reference temperature at 25 °C</i>)

2.1.1.2 Natrium Hidroksida

Berdasarkan data (Sigma Aldrich, 2025a), (Perry's Chemical Engineers' Handbook, 2008), dan PT Asahimas, spesifikasi Natrium Hidroksida yakni sebagai berikut,

Rumus Molekul	: NaOH
Berat molekul	: 40,00 gr/mol
Wujud	: Padat (<i>temperature reference 25°C</i>)
Titik didih	: 1388 °C
Titik lebur	: 318 °C
Densitas	: 2,13 gr/ml (<i>temperature reference 25°C</i>)
Viskositas	: Tidak berlaku (Karena NaOH padat)
Kapasitas panas	: 1390 J/kg. K (<i>reference temperature at 25 °C</i>)

2.1.2 Spesifikasi Produk

2.1.2.1 Sodium Methylate

Menurut Perry & Green (1997) dan Sigma Aldrich (2025) berikut adalah spesifikasi Sodium methylate:

Rumus molekul	: CH_3ONa
Berat molekul	: 54,03 gr/mol
Wujud	: Cair
Titik didih	: 300 °C
Titik Beku	: -10 °C ~ -20 °C
Titik lebur	: 2 – 6 °C
Titik nyala	: 33 °C
Panas Penguapan	: 1100 kJ/kg
Densitas	: 0,97 gr/ml
Viskositas	: 0.6 – 1.2 mPa·s (<i>reference temperature at 25°C</i>)
Kapasitas Panas	: 2.3 – 2.7 kJ/kg·K

2.1.2.2 Air (H_2O)

Menurut Sigma Aldrich (2025b), berikut adalah spesifikasi dari H_2O :

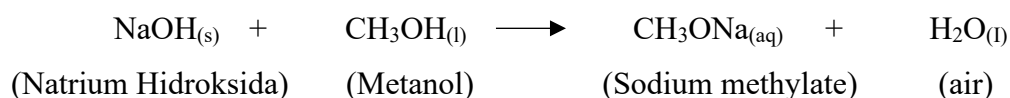
Rumus molekul	: H_2O
Berat molekul	: 18,015 gr/mol
Wujud	: Cair (pada suhu ruang)
Titik didih	: 100 °C (373,15 K)
Titik beku	: 0 °C (273,15 K)
Titik lebur	: 0 °C (273,15 K)
Temperature kritis	: 374 °C (647,15 K)
Tekanan kritis	: 22,06 Mpa (218,6 atm)
Volume kritis	: 3,106 cm ³ /g
Densitas	: 1,000 gr/ml (pada 4 °C)

2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

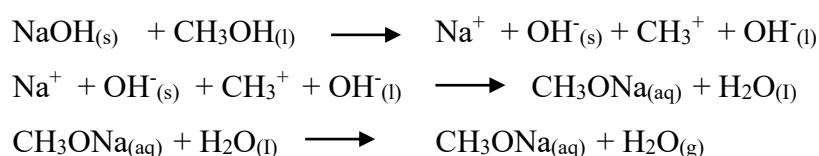
Reaksi pembentukan sodium methylate menggunakan bahan baku methanol (CH_3OH) dan natrium hidroksida (NaOH) berdasarkan mekanisme reaksi asam basa. Proses ini merupakan mekanisme reaksi penetralan antara asam methanol dan basa

kuat. Berikut merupakan reaksi stoikiometri dari pembentukan sodium methylate (Granjo & Oliveira, 2015).



2.2.2 Mekanisme Reaksi

Reaksi antara metanol dan natrium hidroksida (NaOH) yakni terjadi di dalam reaktor distilasi, Pada proses ini terjadi pemutusan ikatan OH^- dari NaOH dan methanol. Setelah sodium methylate terbentuk, air dari reaksi samping akan larut dalam methanol dan diuapkan sehingga menjaga reaksi berlangsung ke arah produk. Untuk meminimalisir kandungan air yang terbentuk, penggunaan NaOH dan metanol yang digunakan harus memiliki tingkat kemurnian tinggi (98 – 99 %). Reaksi yang terjadi yakni:



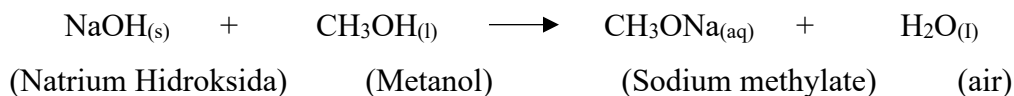
Proses ini akan berlangsung secara kontinyu dengan menggunakan satu *Reactive Distillation* dengan 3 bagian yaitu bagian *stripping*, reaksi, dan *enriching*. Masing-masing bagian akan dibatasi dengan *tray section*, dimana reaksi terjadi pada 10 tray dari umpan masuk. Untuk bagian *stripping* yakni terdapat 2 tray dan *enriching* terdapat 16 tray. Sodium methylate yang dihasilkan akan memiliki kadar 30%. Kemudian air yang terlarut methanol akan menjadi distilat dan dipisahkan dengan membran pervaporasi sehingga air terpisah dari methanol dan methanol akan digunakan kembali sebagai pelarut NaOH (*recycle*). Reaksi ini berlangsung dalam fase cair dengan melarutkan NaOH dengan methanol lalu direaksikan di dalam *Reactive Distillation*, reaksi ini bersifat eksotermis.

2.2.3 Sifat Reaksi

2.2.3.1. Tinjauan Termodinamika

Termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat reaksi suatu proses yang dapat ditinjau dari entalpi pembentukan reaksi dan konstanta kesetimbangan reaksi. Untuk menentukan sifat reaksi suatu proses apakah eksotermis atau endotermis dan arah reaksi reversible atau irreversible, maka perlu dihitung dengan menggunakan panas pembentukan standar

(ΔH_f°) pada 1 atm dan 25°C dari reaktan dan produk. Reaksi pembentukan sodium methyllate adalah sebagai berikut:



Tabel 2. 1 Harga (ΔH_f°) masing-masing komponen (Perry's Chemical Engineers' Handbook, 2008)

Komponen	(ΔH_f°) (kJ/mol)
CH ₃ ONa	-374,4
CH ₃ OH	-238,66
NaOH	-425,609
H ₂ O	-285,83

$$\Delta H_{R298,15}^\circ = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} &= \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{ONa} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} - \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} - \Delta H_f^\circ \text{NaOH} \\ &= [(-374,4) + (-285,83) - (-238,66) - (-425,609)] \text{ kJ/mol} \\ &= 4,039 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Perhitungan perubahan entalpi reaksi pembentukan sodium methyllate dilakukan menggunakan data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) pada kondisi 25°C dan tekanan 1 atm. Berdasarkan reaksi $\text{CH}_3\text{OH} (l) + \text{NaOH} (s) \rightarrow \text{CH}_3\text{ONa} (s) + \text{H}_2\text{O} (l)$, diperoleh nilai ΔH reaksi sebesar +4,039 kJ/mol yang menunjukkan bahwa reaksi bersifat endotermis. Namun, hasil ini tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi aktual proses karena perhitungan dilakukan menggunakan data fase padat untuk sodium methyllate, sedangkan dalam proses industri reaksi berlangsung dalam fase cair dengan pelarut metanol. Selain itu, NaOH terlebih dahulu larut dalam metanol dan produk CH₃ONa terbentuk dalam bentuk larutan, sehingga melibatkan efek pelarutan yang tidak diperhitungkan dalam pendekatan ΔH_f° standar.

Selanjutnya bila ditinjau dari energi Gibbs untuk menentukan reaksi bersifat dapat balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*) dapat ditentukan secara termodinamika, yaitu berdasarkan persamaan Van't Hoff (Smith Van Ness, 2005).

$$\frac{d(\Delta G^\circ/RT)}{dT} = \frac{-\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (2.1)$$

Dengan,

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (2.2)$$

Sehingga,

$$\frac{d(\Delta G^\circ/RT)}{dT} = \frac{-\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (2.3)$$

Jika ΔH° merupakan perubahan entalpi standar (panas reaksi) dan dapat diasumsikan konstan terhadap suhu, maka persamaan dapat di integralkan menjadi:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2.4)$$

Tabel 2.2. Harga (ΔG°_f) masing-masing komponen (Yaws, 1999).

Komponen	(ΔG°_f) (kJ/mol)
CH ₃ ONa	-371,297
CH ₃ OH	-276,400
NaOH	-445,100
H ₂ O	-306,700

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298,15} &= \Delta G^\circ_{f\text{produk}} - \Delta G^\circ_{f\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G^\circ_f \text{ CH}_3\text{ONa} + \Delta G^\circ_f \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^\circ_f \text{ CH}_3\text{OH} + \Delta G^\circ_f \text{ NaOH}) \\ &= [(-371,297) + (-306,700)] - [(-276,400) + (-445,100)] \text{ kJ/mol} \\ &= 43,503 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

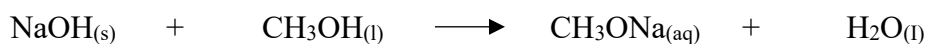
Berdasarkan hasil pengukuran, energi gibbs menunjukkan bahwa reaksi tidak spontan.

$$\begin{aligned} K \text{ standar pada suhu } 298,15^\circ\text{K} &= e^{-\Delta G^\circ/RT} \\ &= e^{(-43,503/(8,314 \times 298,15))} \\ &= e^{0,01754972} \\ &= 1,018 \end{aligned}$$

Harga K hampir mendekati 1, menunjukkan bahwa reaksi pembentukan sodium methylete bersifat *reversible*. Namun pada kasus reaksi NaOH dengan methanol, konsentrasi reaktan yakni CH₃OH dibuat berlebih dan produk samping H₂O dipisahkan secara terus menerus sehingga kesetimbangan akan berlangsung ke arah produk berdasarkan prinsip Le Chatelier.

2.2.3.2. Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika dilakukan untuk mengetahui karakteristik laju reaksi pembentukan sodium methylete yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pendekatan dalam perancangan reaktor. Reaksi pembentukan sodium methylete berlangsung menurut persamaan reaksi berikut:



Berdasarkan penelitian Meng Xiong (2014), reaksi berlangsung dalam fase cair dan bersifat reversible. Pada proses ini, metanol digunakan dalam jumlah berlebih (excess) untuk membantu pergeseran kesetimbangan ke arah produk serta mempermudah proses pemisahan. Oleh karena itu, konsentrasi metanol dianggap relatif konstan selama reaksi berlangsung sehingga model kinetika dapat disederhanakan menjadi reaksi pseudo-orde satu terhadap natrium hidroksida. Persamaan laju reaksi dinyatakan sebagai berikut:

$$T = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$= 345,15\text{ K}$$

$$k = 6,972\text{ s}^{-1}$$

$$-r_{\text{NaOH}} = kC_{\text{NaOH}} \quad (2.5)$$

$$T = \frac{1}{k} \quad (2.6)$$

$$T = \frac{1}{6,972} = 0,143 \quad (2.7)$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa reaksi pembentukan sodium methylete berlangsung relatif cepat. Dengan demikian, proses pembentukan produk tidak terutama dikendalikan oleh kinetika intrinsik reaksi, melainkan lebih dipengaruhi oleh perpindahan massa, pencampuran reaktan, serta pengeluaran air hasil reaksi untuk menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan sodium methylete.

Pada proses *reactive distillation*, jumlah tray reaktif ditentukan berdasarkan kebutuhan kontak antara fase cair dan fase uap serta efektivitas pemisahan air dan metanol selama reaksi berlangsung. Oleh karena itu, dipilih jumlah tray reaktif sebanyak 4 tray agar proses reaksi dan pemisahan dapat berlangsung secara optimal.

2.3 Langkah Proses

Proses pembuatan sodium methylete menggunakan bahan baku natrium hidroksida dan methanol pada dasarnya dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

2.3.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Bahan baku meliputi metanol dari PT. Kaltim Metanol Industri dengan kemurnian >99,85% yang disimpan pada tangki (T-01) dan NaOH dari PT. Asahimas Chemical Cilegon, Banten dengan kemurnian >99,78% yang disimpan pada silo (S-01) dengan masing-masing tangki bertekanan 1 atm temperatur 30°C. Penyimpanan dilakukan dengan asumsi satu bulan pemakaian proses sehingga menggunakan bahan tangki anti karat yakni tipe *stainless steel 316* sehingga dapat menjaga kualitas bahan baku selama penyimpanan.

2.3.2 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Metanol dari tangki (T-01) dan NaOH dari silo (S-01) akan dicampurkan pada *mixing tank* (MT-01). Proses pemindahan akan menggunakan *belt conveyor* (BC-01) dan *bucket elevator* (BE-01) untuk NaOH dan proses pemindahan metanol menggunakan pompa (P-01). Kadar NaOH dalam metanol akan dibuat jenuh pada konsentrasi 16% berat. Dari *mixing tank*, campuran akan masukkan ke dalam menara distilasi (RD-01) dengan bantuan pompa (P-02). Sebelum memasuki menara distilasi, campuran akan dipanaskan dulu hingga mencapai temperature 50 °C dengan tujuan untuk membantu mengurangi beban *reboiler* dan kondensor serta mempertimbangkan dalam proses reaksi pembentukan sodium methylete. Pemilihan suhu bertujuan untuk mencegah kenaikan suhu yang berlebih sehingga proses reaksi dan pemisahan dapat berjalan optimal serta mempertimbangkan faktor keselamatan proses dan kerja.

2.3.3 Tahap Reaksi Pembentukan Sodium methylete dan Distilasi Air

Pada *Reactive Distillation* (RD-01) terjadi tiga proses yang dibagi menjadi proses reaksi, proses *stripping*, dan proses *enriching*. Pembentukan sodium methylete sendiri didasari pada mekanisme netralisasi yakni proses kesetimbangan antara senyawa basa dan asam sehingga mencapai kesetimbangan. NaOH merupakan basa kuat yang memiliki ikatan ion Na^+ dan OH^- sangat kuat dari gaya tarik elektrostatis antara ion negatif dan positif. Pada proses di dalam *Reactive Distillation*, NaOH akan terdisosiasi menjadi ion – ion bebas saat dilarutkan dengan methanol. Methanol (CH_3OH) merupakan salah satu asam lemah yang terdiri dari gugus metil (CH_3^-) dan hidroksil (OH^-). Mekanisme reaksi netralisasi sendiri bekerja pada saat NaOH mengalami disosiasi sempurna yang kemudian gugus ion OH^- akan mengikat gugus H^+ saat methanol juga mengalami disosiasi membentuk proton H^+ . Reaksi kemudian mengalami deprotonisasi antara OH^- dan H^+ membentuk air, kemudian ion metoksida (CH_3O^-) akan mengalami ikatan ion dengan Na^+ membentuk sodium methylete (CH_3ONa).

Pada bagian *stripping*, produk air yang dihasilkan harus segera dihilangkan untuk mencegah reaksi *reversible* terjadi sesuai dengan prinsip Le Chatelier yakni memaksa reaksi terus bergerak ke arah produk dengan menghilangkan produk itu sendiri untuk menghasilkan kesetimbangan reaksi. Bagian *stripping* terdapat 6 tray dengan kondisi operasi 75 °C dan tekanan 1,2 atm untuk memastikan air menguap sepenuhnya. Kemudian, kebutuhan methanol dirancang untuk diberikan secara berlebih sebagai larutan air – methanol sehingga air dapat diuapkan dibawah titik didihnya. Karena sodium methylete 30% menguap pada suhu 93 °C, sehingga produk utama akan tetap menjadi *bottom* produk dan air – methanol akan menguap sebagai distilat.

Pada bagian *enriching*, air – methanol akan diakumulasi dan bergerak sebagai distilat produk. Kondisi operasi didesain sedikit vakum yakni 0,5 atm untuk mencegah air mengalami kondensasi dan terakumulasi secara berlebih sehingga bisa langsung dikeluarkan sebagai distilat. Distilat kemudian akan dikondensasikan sebagian untuk memudahkan transportasi menuju membran.

2.3.4 Tahap *Recycle* Methanol

Larutan metanol – air akan masuk kedalam *membrane* pervaporasi (MP-01) untuk menghilangkan air dari methanol sehingga bisa digunakan kembali pada proses kedalam mixing tank (MT-01). Modul yang digunakan pada membrane yakni jenis PervapTM 1510 yang bersifat hidrofilik, memastikan proses pemisahan secara permeabel sehingga air bergerak sebagai permeat dan methanol bergerak menjadi retentat. Aliran methanol akan dialirkan dengan pompa vakum (PV-01) menuju *vessel trap* (VT-01) yang berfungsi untuk menampung methanol sebelum digunakan kembali. Penggunaan pompa vakum yakni untuk memastikan bahwa air dan methanol benar – benar terpisah dengan bantuan tekanan vakum, karena pada membran kondisi methanol dan air mengalami fase uap – cair pada suhu 65 °C. Pada kondisi tersebut, uap methanol akan tertarik oleh pompa vakum dan air akan diserap secara selektif permeable oleh membran menjadi permeat.

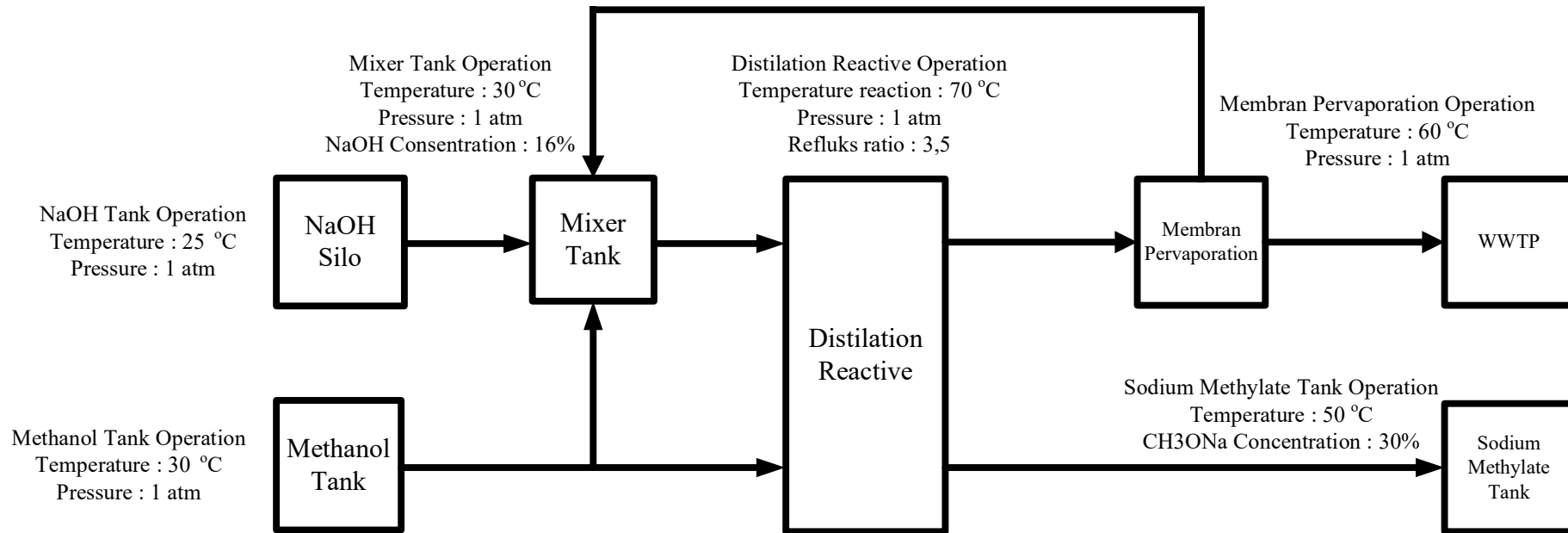
2.3.5 Tahap Penyimpanan dan Pengemasan Produk

Pada prarancangan pabrik sodium methylete ini, memiliki 2 hasil produk yaitu berupa sodium methylete 30% berupa fase cair (T-02), dan air (WWTP) disimpan pada tangki yang berbeda-beda dan memiliki spesifikasi tangki tertentu. Pada tangki (T-02) terdapat level indikator, temperatur kontrol, dan *gas analyzer*. Penyimpanan produk harus dibuat sangat ketat karena faktor keselamatan salah satunya yakni sifat dari sodium methylete yang mudah meledak dan terbakar pada kondisi lembab, sehingga perlu diberi

sistem keamanan seperti gas inert untuk menjaga tangki tetap kering serta memastikan tidak ada kebocoran oksigen yang diatur pada tekanan 1 atm dan temperatur 30°C.

Proses pengemasan produk merupakan suatu proses untuk mengemas setiap produk agar produk yang akan dikirimkan dapat terjamin aman sampai ke konsumen. Produk sodium methylate yang sudah berada di tangki penyimpanan selanjutnya akan didistribusikan menuju unit pengemasan dan dikemas dengan menggunakan drum, tangki, ataupun jerigen sesuai dengan permintaan konsumen. Selanjutnya produk akan disimpan di dalam gudang penyimpanan sebelum akhirnya didistribusikan kepada konsumen.

2.4 Process Diagram Alir Sodium methylate



Gambar 2.1. Process Flow Diagram Sodium methylate

2.5 Neraca Massa dan Panas

Diketahui

Kapasitas sodium methyllate = 80.000 ton/tahun
= 10.101,010 kg/jam

Tabel 2. 3 Data Berat Molekul

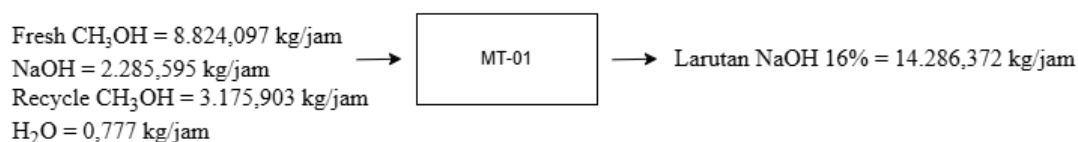
Berat molekul	Jumlah	Satuan
NaOH	40.000	kg/kmol
CH ₃ OH	32.040	kg/kmol
CH ₃ ONa	54.030	kg/kmol
H ₂ O	18.015	kg/kmol

Tabel 2. 4 Komposisi Target Produk

Komposisi	Jumlah (Kg/jam)	Jumlah (Kmol/jam)
NaOH	37.155	0,929
CH ₃ OH	7.033,552	219.524
CH ₃ ONa	30.30,303	56.086
H ₂ O	0,000	0,000
total	10.101,010	276.539

2.5.1 Neraca Massa

1. *Mixing Tank* (MT-01)



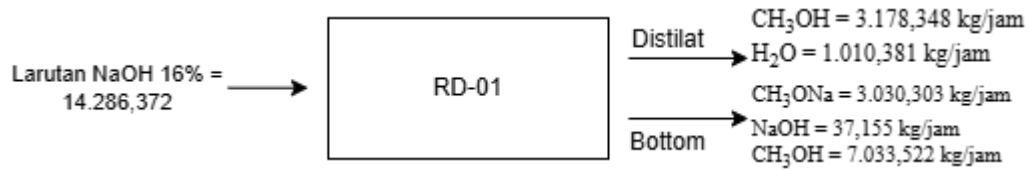
Gambar 2.2 Blok Diagram Massa *Mixing Tank* (MT-01)

Fungsi : Melarutkan NaOH dalam methanol

Tabel 2.5 Neraca Massa *Mixing Tank* (MT-01)

Input		Output	
komponen	Jumlah (kg/jam)	komponen	Jumlah (kg/jam)
Fresh CH ₃ OH	8.824,097	NaOH 16%	14.286,372
NaOH	2.285,595		
Recycle CH ₃ OH	3.175,903		
H ₂ O	0,777		
Total	14.286,372		14.286,372

2. Reactive Distillation (RD-01)



Gambar 2.3 Blok Diagram Massa *Reactive Distillation* RD-01

Fungsi : Reaksi pembentukan NaOH dan pemisahan Air-methanol

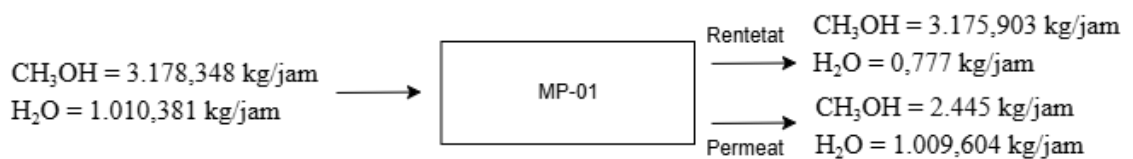
Tabel 2.6 Stokiometri Reaksi Sodium Methylate

Kmol/jam	CH ₃ OH	+	NaOH	==>	CH ₃ ONa	+	H ₂ O
Mula -mula	275,610		57,014				
Bereaksi	56,086		56,086		56,086		56,086
Sisa	219,524		0,929		56,086		50,086

Tabel 2.7 Neraca Massa *Reactive Distillation* (RD-01)

	Jumlah	Output	Jumlah	Output	Jumlah
Input	(kg/jam)	Bottom	(kg/jam)	Distilat	(kg/jam)
CH ₃ OH	12.000,000	CH ₃ ONa	3.030,303	CH ₃ OH	3.178,348
NaOH	2.285,595	NaOH	37,155	H ₂ O	1.010,381
H ₂ O	0,777	CH ₃ OH	7.033,552		
total	14.268,372		10.101,0101		4.189,506

3. Membran Pervaporasi (MP-01)



Gambar 2.4 Blok Diagram Massa Membran Pervaporasi

Fungsi : Pemurnian methanol dan pemisahan air

Tabel 2.8 Neraca Massa Membran Pervaporasi

	Jumlah	Output	Jumlah	Output	Jumlah
Input	(kg/jam)	Retentat	(kg/jam)	Permeat	(kg/jam)
CH ₃ OH	3.178,348	H ₂ O	0,777	H ₂ O	1.009,604
H ₂ O	1.010,381	CH ₃ OH	3.175,903	CH ₃ OH	2.445
total	4.188,730		3.176,681		1.012,049

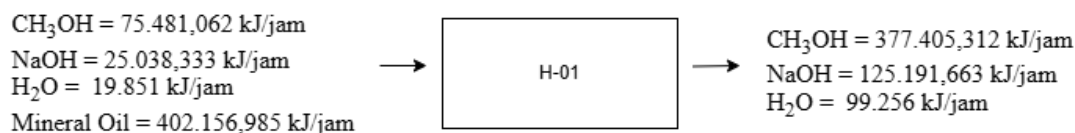
4. Neraca Massa Overall

Tabel 2.9 Neraca Massa Overall

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
Mixing Tank (MT-01)			
CH ₃ OH	8.824,097		
NaOH	2.285,595		
H ₂ O	0,777		
CH ₃ OH.recycle	3.175,903		
Reactive Distillation (RD-01)			
		Distilat	Bottom
CH ₃ OH		3.178,348	7.033,552
NaOH			37,155
H ₂ O		1.010,381	
CH ₃ ONa			3.030,303
Membran Pervaporasi (MP-01)			
		Permeat	Retentat
H ₂ O	1.011,159	1.009.604	0,777
CH ₃ OH	3.178,348	2.445	3.175,903
Total	14.287,149	14.287,149	
Error	0.000%		

2.5.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas Heater (H-01)



Gambar 2.5 Blok Diagram Neraca Panas Heater H-01

Fungsi : untuk *pre-heating* larutan NaOH

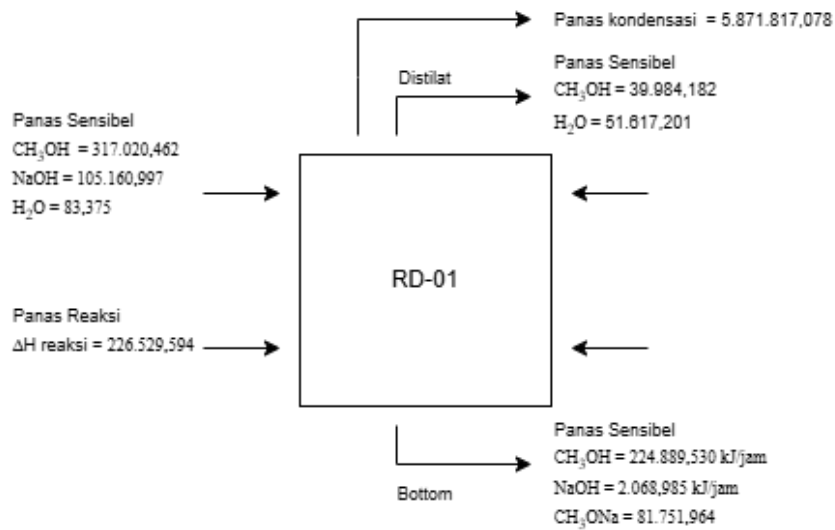
T in = 30 °C

T out = 50 °C

Tabel 2.10 Neraca Panas Heater (H-01)

Input		Output	
komponen	Jumlah (kJ/jam)	komponen	Jumlah (kJ/jam)
CH ₃ OH	75.481,062	CH ₃ OH	377.405,312
NaOH	25.038,333	NaOH	125.191,663
H ₂ O	19.851	H ₂ O	99.256
Mineral Oil	402.156,985		
Total	502.696,231		502.696,231

2. Neraca Panas *Reactive Distillation* (RD-01)



Gambar 2.6 Blok Diagram Neraca Panas *Reactive Distillation* RD-01

Fungsi : Proses reaksi pembentukan sodium methylate dan pemisahan methanol-air

T in = 50 °C

T out bottom = 75 °C

T out distilat = 60 °C

Tabel 2.11 Neraca Panas Reaktif Distilasi (RD-01)

Input		Output		
Komponen	Jumlah (kJ/jam)	Komponen	Jumlah (kJ/jam)	
		Bottom		Distilat
CH ₃ OH	317.020,462	CH ₃ OH	224.889,530	39.984,182
NaOH	105.160,997	NaOH	2.068,985	
H ₂ O	83,375	H ₂ O		51.617,201
		CH ₃ ONa	81.751,964	
Steam	308.710,478			
Cooling water	5.871.817,078			
		λ	5.871.817,078	
ΔH reaksi	226.529,594			
		Q loss	557.193,045	
Total	6.829.321,985		6.829.321,985	

3. Neraca Panas Membran Pervaporasi



Fungsi : Proses pemisahan metanol dari air

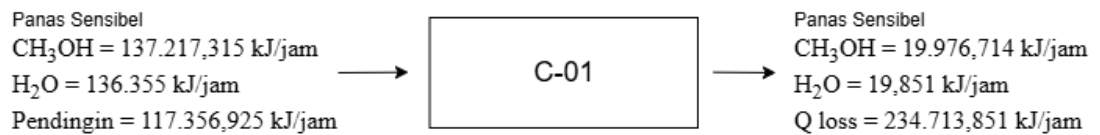
T in = 60 °C

T out = 59,5 °C

Tabel 2.12 Neraca Panas Membran Pervaporasi (MP-01)

Input		Output	
Komponen	Jumlah (kJ/jam)	Komponen	Jumlah (kJ/jam)
CH ₃ OH	2.621,878		
H ₂ O	2.109,185		
		Q loss	4.731,062
Total	4.731,062		4.731,062

4. Neraca Panas Cooler (C-01)



Gambar 2.7 Blok Diagram Neraca Panas Cooler C-01

Fungsi : Pendinginan methanol *recycle*

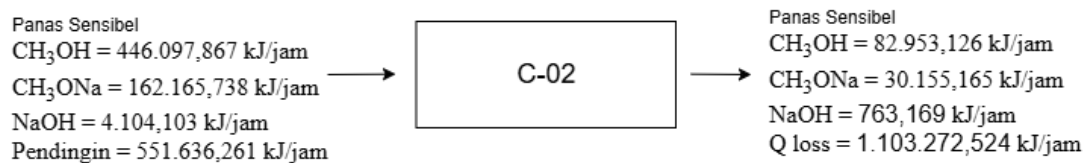
T in = 59,5 °C

T out = 30 °C

Tabel 2.13 Neraca Panas Cooler (C-01)

Input		Output	
Komponen	Jumlah (kJ/jam)	Komponen	Jumlah (kJ/jam)
CH ₃ OH	137.217,315	CH ₃ OH	19.976,714
H ₂ O	136.355	H ₂ O	19,851
Pendingin	117.356,925		
		Q loss	234.713,851
Total	254.710,416		254.710,416

5. Neraca Panas Cooler (C-02)



Gambar 2.8 Blok Diagram Neraca Panas *Cooler* C-02

Fungsi : Pendinginan produk utama sodium methyllate 30%

T in = 75,4 °C

T out = 30 °C

Tabel 2.14 Neraca Panas *Cooler* (C-02)

Input		Output	
Komponen	Jumlah (kJ/jam)	Komponen	Jumlah (kJ/jam)
CH ₃ OH	446.097,867	CH ₃ OH	82.953,126
CH ₃ ONa	162.165,738	CH ₃ ONa	30.155,165
NaOH	4.104,103	NaOH	763,169
Pendingin	551.636,261		
		Q loss	1.103.272,524
Total	1.164.003,970		1.164.003,970

6. Neraca Panas *Overall*

komponen	input (kj/jam)	Output (kj/jam)	
Heater (H-01)			
NaOH	25.038,333	125.191,663	
CH ₃ OH	75.481,062	377405,312	
H ₂ O	19,851	99,256	
Mineral oil	402.156,985		
Reactive Distillation (RD-01)			
		Bottom	Top
CH ₃ OH	317.020,462	224.889,530	
NaOH	105.160,997	2.068,985	39.984,182
H ₂ O	83,375	81.751,964	
CH ₃ ONa			51.617,201
Steam	308.710,478		
Pendingin	5.871.817,078		
λ		5.871.817,078	
ΔH reaksi	226.529,594		
Q loss		557.193,078	
Membran Pervaporasi (MP-01)			
CH ₃ OH	2.621,878		
H ₂ O	2.109,185		
Q loss		4.731,062	

Cooler (C-01)		
CH ₃ OH	137.217,315	19.976,714
H ₂ O	136.355	19,851
pendingin	117.356,925	
Q loss		234.713,851
Cooler (C-02)		
NaOH	446.097,867	82.953,126
CH ₃ OH	162.165,738	30.155,165
CH ₃ ONa	4.104,103	763,169
pendingin	551.636,261	
Q loss		1.103.272,524
total	8.755.463,664	8.755.463,664

2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

2.6.1 Lay Out Pabrik

Setelah proses *flow* diagram tersusun, sebelum desain pemipaan struktural dan listrik dimulai, maka *lay out* pabrik dan peralatan harus direncanakan terlebih dahulu. Perencanaan *lay out* pabrik meliputi perencanaan *storage area*, proses area, dan *handling area*.

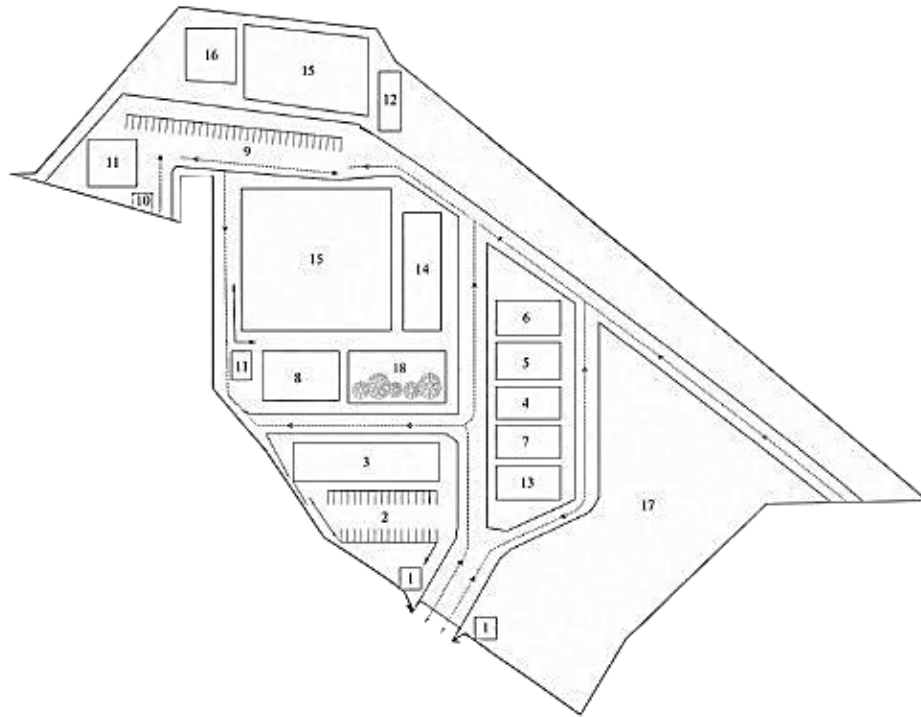
Pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam *lay out* pabrik adalah:

1. Tanah yang tersedia
2. Tipe dan kualitas produk
3. Kemungkinan pengembangan pabrik di masa mendatang
4. Distribusi bahan baku, bahan jadi, air, listrik dan lain-lain
5. Keadaan lingkungan, cuaca dan sosial
6. Keamanan terhadap bahaya kebakaran, peledakan, gas beracun dan bentuk bangunan
7. Pengaturan terhadap penggunaan lantai ruangan dan elevasi.

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada proses pengaturan tata letak pabrik adalah sebagai berikut.

1. Pos keamanan ditempatkan dekat akses atau gerbang masuk dan keluar untuk mempermudah pengawasan terhadap orang yang memasuki atau keluar kawasan pabrik maupun pengawasan terhadap arus logistik atau bahan baku masuk dan pengiriman produk, sekaligus menjadi salah satu penjaga keamanan utama pabrik.

2. Area utilitas berada di dekat area proses utama agar jalur bahan utilitas ke peralatan proses lebih dekat dan mudah.
3. Bengkel berada di dekat daerah utilitas dan daerah proses utama untuk mempermudah pengawasan, pemeliharaan, dan perbaikan alat-alat.
4. Ruang generator ditempatkan di sekitar belakang pabrik agar meminimalisir tingkat kebisingan.
5. Mushola disediakan dalam area pabrik karena sebagian besar penduduk sekitar dan karyawan adalah umat muslim.
6. Taman yang cukup luas dan toilet yang tersebar di sekitar daerah pabrik untuk meningkatkan kenyamanan para karyawan dan pengunjung.
7. Area parkir yang luas untuk karyawan, tamu, maupun parkir truk distribusi produk.
8. Jalan dibuat satu arah dan memiliki jalur terpisah untuk kendaraan mobil/motor dengan truk agar pemantauan lebih mudah.
9. Penerangan dan ventilasi ruangan yang cukup untuk menunjang proses produksi.
10. Area perluasan dipertimbangkan untuk rencana pengembangan dan perluasan area area tertentu dalam pabrik di masa depan.
11. Area parkir truck didesain memanjang dan dekat dengan lokasi loading produk sehingga waktu dan tempat untuk pengisian produk lebih efisien.



Gambar 2. 9 Layout Pabrik

Tabel 2.15. Keterangan Tata Letak Pabrik

Kode	Keterangan	Jumlah
1	Post satpam	2
2	Area Parkir	1
3	Area Perkantoran	1
4	Mushola	1
5	Kantin	1
6	Perpustakaan	1
7	Poliklinik	1
8	Gudang	1
9	Area Parkir Truk	1
10	<i>Control room</i>	1
11	<i>Maintenance area</i>	1
12	Utilitas	1
13	K3 & Fire Safety	1
14	Laboratorium	1
15	Area proses	1

Kode	Keterangan	Jumlah
16	Pengolahan Limbah	1
17	Perluasan Pabrik	1
18	Taman	1

Tabel 2.16. Perincian Luas Tanah

Kode	Keterangan	Luas (m ²)
1	Post keamanan	50
2	Taman	500
3	Tempat Parkir	150
4	Ruang Control	50
5	Gudang	200
6	Kantor	500
7	Musholla	100
8	Kantin	200
9	Poliklinik	50
10	Laboratorium	150
11	Area Proses	10.500
12	Bengkel	150
13	K3 & Fire Safety	200
14	Area Pengembangan	2000
15	Daerah Utilitas	700
16	Perpustakaan	100
17	Unit Pengolahan Limbah	200
Total		15.800

2.6.2 Lay Out Peralatan Proses

Dalam perancangan *lay out* peralatan proses ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Aliran bahan baku

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa di atas tanah, perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau

lebih. Sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja. Disamping itu perlu diperhatikan arah aliran udara.

3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu diberikan penerangan yang baik.

4. Lalu lintas manusia

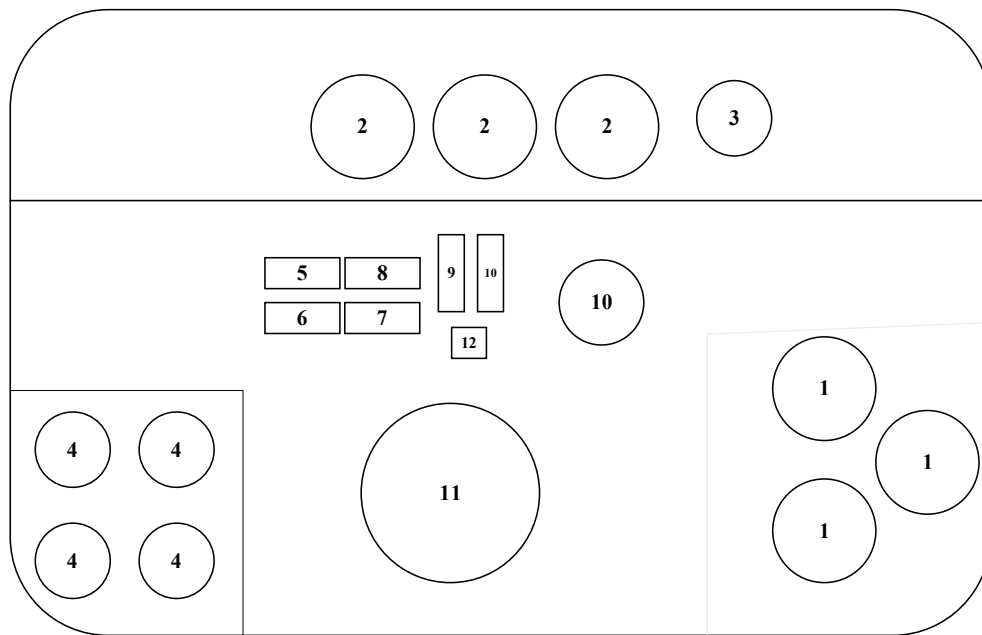
Dalam perancangan lay out peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah.

5. Penempatan alat proses

Dalam menempatkan peralatan proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar proses

Untuk alat proses yang mempunyai tekanan dan suhu operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain sehingga apabila terjadi peledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.



Gambar 2. 10 Layout Peralatan Proses

Tabel 2.17. Keterangan Lay Out Proses

Kode	Kode Alat	Nama Alat
1	T-02	Tangki Sodium methylate
2	T-01	Tangki metanol
3	S-01	Silo NaOH
4	T-03	Tangki Air
5	H-01	<i>Heater I</i>
6	CD-01	Kondensor I
7	C-01	<i>Cooler I</i>
8	C-02	<i>Cooler II</i>
9	VT-01	<i>Vessel Trap</i>
10	MT-01	<i>Mixing Tank</i>
11	RD-01	<i>Reactive distillation</i>