

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan dan Produk

2.1.1 Bahan Baku Utama

1) Isopropil Alkohol

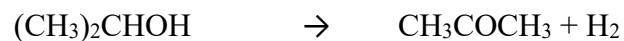
Menurut MSDS (2012), sifat fisika dan kimia isopropil alkohol adalah sebagai berikut

a) Sifat Fisika

Rumus Molekul	: $(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{O}$
Berat Molekul	: 60 g/mol
Bentuk	: cair
Warna	: tidak berwarna
Bau	: seperti alkohol
Titik lebur	: $88,5^\circ\text{C}$
Titik didih	: $82,4^\circ\text{C}$
Titik nyala	: 12°C
Densitas	: 0,786 g/cm ³ pada 20°C
Viskositas	: 2,2 mPa.s pada 20°C

b) Sifat Kimia

- Pembentukan Propanon melewati proses dehidrogenasi menggunakan katalis logam, oksida atau campuran logam. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



- Oksidasi isopropil alkohol dengan udara atau oksigen pada suhu tinggi membentuk Propanon dan air. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



2.1.2 Bahan Baku Pendukung

1) Zinc Oxide (ZnO)

Menurut MSDS (2019) Sifat fisika dan kimia Zinc Oxide adalah sebagai berikut.

a) Sifat Fisika

Rumus Molekul	: ZnO
Berat Molekul	: 81,39 g/mol
Bentuk	: <i>Powder</i> padatan
Warna	: Putih kekuningan
pH	: 7,37
Titik lebur	: 1.975°C
Titik didih	: - (Menyublim)
Densitas	: 5,61 gr/cm ³ pada 20°C
Viskositas	: -

2.1.3 Produk Utama

1) Propanon (Aseton)

Menurut MSDS (2021) sifat fisika dan kimia aseton adalah sebagai berikut.

a) Sifat Fisika

Rumus Molekul	: (CH ₃) ₂ CO
Berat Molekul	: 58,08 g/mol
Bentuk	: cair pada 20°C
Warna	: tidak berwarna
pH	: 5-6 pada 395 g/L
Titik lebur	: -94°C
Titik didih	: 56,2°C
Tekanan uap	: 233 hPa pada 20°C
Densitas	: 0,79 g/cm ³
Viskositas	: 0,32 mPa.s pada 20°C

b) Sifat Kimia

- Menghasilkan aseton sianohidrin apabila direaksikan dengan hidrogen sianida
- Reduktor yang lebih lemah daripada aldehyd

2.1.4 Produk Samping

1) Hidrogen (H₂)

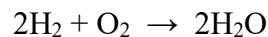
Menurut MSDS (2018) sifat fisika kimia hidrogen adalah sebagai berikut

a) Sifat Fisika

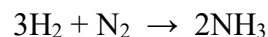
Bentuk : gas
Warna : tidak berwarna
Bau : tidak berbau
Titik leleh : -295,15°C
Titik didih : -253°C
Densitas : 0,083 g/cm³

b). Sifat Kimia

- Uap air dihasilkan apabila bereaksi dengan oksigen



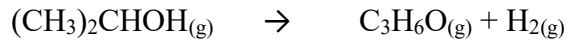
- Gas amonia akan terbentuk apabila terjadi reaksi dengan nitrogen



2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

Dalam pembuatan propanon, menggunakan proses dehidrogenasi. Proses produksi menggunakan isopropil alkohol sebagai bahan dasar yang diproses dalam reaktor *fixed bed multitube*. Selama proses berlangsung, isopropil alkohol yang ada di dalam reaktor mengalami dehidrogenasi sehingga menghasilkan propanon (aseton) dan hidrogen. Proses ini memerlukan katalis dan reaksinya terjadi antara gas dengan katalis dalam bentuk padat. Berikut adalah persamaan reaksi yang terjadi,



2.2.2 Penggunaan Katalis

Dalam proses pembuatan propanon melalui dehidrogenasi isopropanol, ada beberapa pilihan katalis yang bisa digunakan, seperti Kromium (Cr), Seng (Zn), Tembaga (Cu), dan berbagai oksida lainnya. Dalam hal ini, Zinc Oxide (ZnO) dipilih sebagai katalis, yang tersedia dalam bentuk padatan halus. Selama proses berlangsung, isopropanol akan berikatan dengan permukaan katalis ZnO dan menjalani reaksi yang menghasilkan propanon, sementara hidrogen akan terlepas sebagai produk samping.

2.2.3 Tinjauan Termodinamika

Panas reaksi (ΔH°) digunakan untuk menentukan apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis (Yaws, 1999).

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= \Delta H^\circ_{298} \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \Delta H^\circ_{298} \text{H}_2 - \Delta H^\circ_{298} \text{C}_3\text{H}_8\text{O} \\ &= -217,57 \text{ KJ/mol} - (-272,59 \text{ KJ/mol}) \\ &= 55,02 \text{ KJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi dehidrogenasi isopropil alkohol menjadi propanon seperti pada reaksi yang tertulis pada di atas memiliki ΔH reaksi sebesar +55,02 KJ/mol. Reaksi yang terjadi adalah reaksi endoterm, yaitu reaksi yang menyerap panas, reaksi kimia jenis ini akan meningkat konversinya dengan naiknya suhu reaksi. Hal ini terjadi karena kenaikan suhu akan mengakibatkan kenaikan harga K_p sehingga akan bergeser ke arah produk.

Perhitungan energi bebas gibbs (ΔG°) digunakan untuk menentukan konstanta keseimbangan reaksi pada suhu operasi.

$$\begin{aligned}\Delta G &= \Delta G^\circ_{298} \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \Delta G^\circ_{298} \text{H}_2 - \Delta G^\circ_{298} \text{C}_3\text{H}_8\text{O} \\ &= -153,05 \text{ KJ/mol} - (-173,59 \text{ KJ/mol}) \\ &= 20,54 \text{ KJ/mol}\end{aligned}$$

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$\ln K = -\frac{\Delta G}{RT} \dots\dots\dots (1)$$

Dari persamaan (1) dapat dicari K₁ pada 298 K

$$\ln K_1 = -\frac{20,54 \text{ KJ/mol}}{0,008134 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298 \text{ K}}$$

$$K_1 = \exp \left(-\frac{20,54 \text{ kJ/mol}}{0,008314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times 298 \text{ K}} \right)$$

$$K_1 = 0,00025092$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan (2) dapat dicari K₂ pada 673 K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{55,02 \text{ kJ/mol}}{0,008134 \frac{\text{kJ}}{\text{mol.K}}} \left(\frac{1}{673} - \frac{1}{298} \right) \text{K}$$

$$K_2 = 59,36084$$

$K_2 > 1 \rightarrow \text{Reaksi irreversibel}$

Pada suhu 350-400°C, harga K_p lebih besar dari 1 sehingga reaksi dehidrogenasi isopropanol dianggap berjalan ke arah produk saja (*irreversible*).

2.2.4 Tinjauan Kinetika

Dengan persamaan Arrhenius dapat mengetahui pengaruh suhu, yaitu dengan rumus

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa untuk memperbesar harga k dapat dilakukan dengan menaikkan temperatur. Harga E_a dan k untuk reaksi ini adalah:

$$E_a = 72,38 \text{ MJ/kmol}$$

$$k = 7054,81622 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^3 \text{ reaktor sec.}$$

Adapun reaksi dehidrogenasi isopropanol ini merupakan reaksi orde satu, dan dapat diperkirakan dari persamaan berikut ini:

$$-r_{IPA} = K_0 \exp [E_a/RT] C_{IPA}$$

dimana $K_0 = 7054,81622 \text{ m}^3\text{gas}/(\text{m}^3 \text{reaktor s})$, $C_{IPA} = \text{kmol}/\text{m}^3\text{gas}$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa laju pengurangan IPA (laju pembentukan produk) akan semakin besar dengan semakin tingginya suhu dan naiknya konsentrasi IPA (Yaws, 1999).

2.2.5 Kondisi Operasi

Salah satu faktor penting dalam pemilihan proses adalah kondisi operasi. Kondisi ini berpengaruh besar terhadap pelaksanaan suatu proses dan kualitas produk yang dihasilkan. Menurut perhitungan termodinamika dan kinetika, peningkatan suhu operasi dapat memberikan hasil yang lebih baik, meskipun ada batasan yang ditentukan oleh jenis reaktor dan katalis yang digunakan. Katalis memiliki tingkat selektivitas yang bervariasi tergantung pada suhu. Dalam proses reaksi dehidrogenasi isopropil alkohol yang dilakukan di reaktor *fixed bed multitube*, kondisi operasi yang diterapkan adalah suhu 350°C dengan tekanan 2 bar.

2.3 Langkah Proses

Dalam pembuatan propanon terdapat 3 tahapan utama proses yaitu persiapan bahan baku, reaksi hidrogenasi, dan pemurnian produk. Gambaran langkah proses sebagai berikut,

2.3.1 Persiapan Bahan Baku

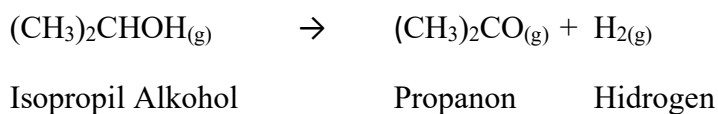
Pembuatan propanon menggunakan isopropil alkohol yang berasal dari tangki T-01. Bahan baku ini diimpor dari Singapura karena Indonesia belum memiliki industri yang memproduksi isopropil alkohol. Sumber bahan baku adalah Shell Eastern Chemicals di Singapura. Tangki penyimpanan untuk isopropil alkohol harus cukup besar untuk menampung jumlah yang diperlukan selama proses produksi. Isopropil akan disimpan dalam tangki pada suhu ruangan dan tekanan atmosfer.

Komposisi minimal bahan baku yang akan diumpankan ke reaktor harus mengandung setidaknya 99% isopropil alkohol. Proses

dehidrogenasi isopropil alkohol menjadi propanon berlangsung dalam fase gas. Umpan terdiri dari campuran isopropil alkohol dari tangki T-01 dan hasil daur ulang dari menara distilasi pertama, dengan hasil daur ulang memiliki suhu 70°C. Temperatur keluaran dari unit pencampuran adalah 47°C. Sebelum direaksikan, umpan dipanaskan hingga mendekati titik didihnya, dipompa menuju vaporizer V-01 menggunakan pompa P-01. Media pemanas untuk vaporizer berasal dari media pemanas steam. Suhu isopropil alkohol yang keluar dari vaporizer mencapai 104°C, yang merupakan suhu *bubble point* campuran pada tekanan 2 bar dan dianggap konstan. Namun, suhu keluaran dari vaporizer masih terlalu rendah untuk reaksi, sehingga furnace F-01 digunakan sebagai pemanas dengan gas alam sebagai sumber energi untuk meningkatkan suhu hingga mencapai 350°C, dengan tekanan operasi tetap di 2 bar.

2.3.2 Pembentukan Produk/Reaksi

Umpan gas keluaran dari furnace diumpankan ke reaktor dengan jenis *fixed bed multitube*. Penggunaan reaktor ini karena alasan pengendalian suhu lebih baik, desain memungkinkan suplai panas yang efisien, distribusi katalis lebih merata di sepanjang tube. Reaksi dalam reaktor sebagai berikut:



Dalam reaktor terjadi reaksi dehidrogenasi isopropil alkohol menjadi propanon/aseton dan hidrogen dalam fasa gas. Pada reaktor kondisi operasi bersuhu 350°C dengan tekanan 2 bar. Mekanisme kerja dari reaktor yaitu reaktan diumpankan dalam reaktor melewati tube yang berisi katalis ZnO. Reaksi berlangsung didalam tube. Proses hidrogenasi isopropil alkohol merupakan reaksi endoterm sehingga diperlukan pemanas untuk mempertahankan suhunya. Isopropil alkohol yang terdapat pada reaktor akan dialirkan pada tube-tube yang berisikan katalis ZnO yang nantinya akan terurai menjadi propanon dan H₂. Produk yang dihasilkan dari keluaran reaktor berupa produk propanon, H₂, air, dan

isopropanol (*recycle*) berfasa gas. Reaktor memanfaatkan downtherm A, kemudian gas hasil keluaran reaktor akan diumpankan menuju *cooler*.

2.3.3 Pemurnian Produk

Produk yang dihasilkan dari reaktor perlu dimurnikan terlebih dahulu karena terdapat beberapa campuran di dalamnya yang belum memenuhi spesifikasi. Keluaran dari reaktor R-01 berupa campuran gas yang terdiri dari propanon, air, H_2 , dan sisa isopropil alkohol yang masih memiliki suhu tinggi. Oleh karena itu, produk ini akan dialirkan ke *cooler* C-01 untuk menurunkan suhu hingga mencapai $150^{\circ}C$ sebelum masuk ke kondensor parsial C-02 untuk mengembunkan gas yang dapat dikondensasi pada tekanan 1,5 bar dan suhu keluaran $60^{\circ}C$.

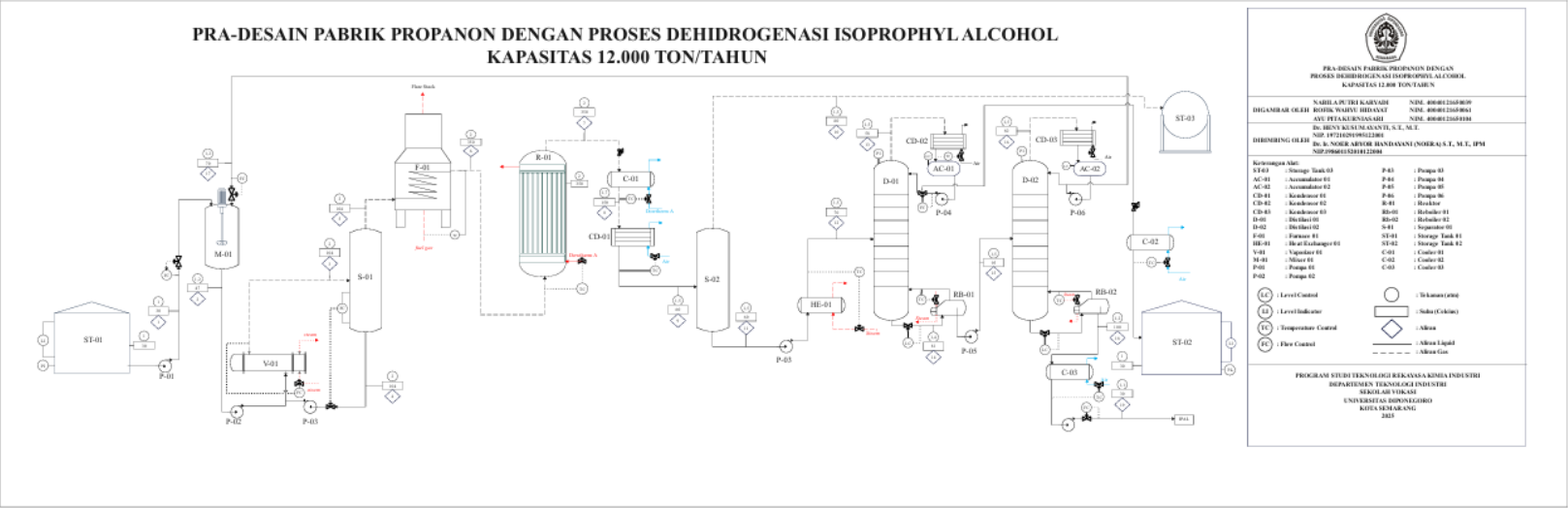
Dalam kondensor propanon, air, dan isopropil alkohol akan terembunkan, sementara hidrogen (H_2) tetap dalam fase gas. Karena C-02 adalah kondensor parsial, tidak semua umpan akan terkondensasi, sehingga masih ada sebagian propanon, air, dan isopropil alkohol yang keluar dalam bentuk uap. Selanjutnya, keluaran dari kondensor C-02 akan dialirkan ke separator S-01 untuk memisahkan fase cair dan gas. Pada unit separator S-01, terdapat dua keluaran keluaran atas berupa gas hidrogen dengan kemurnian sekitar 99%, yang akan disimpan di tangki hidrogen T-02. Keluaran bawah berupa cairan yang terdiri dari propanon, air, dan isopropil alkohol, dengan suhu $60^{\circ}C$ dan tekanan 1,5 bar, akan dialirkan ke menara distilasi I MD-01 untuk memurnikan propanon.

Menara distilasi I MD-01 juga memiliki dua keluaran. Keluaran bawah dari kolom menara ini terdiri dari sebagian besar air, isopropil alkohol, dan sedikit propanon pada suhu $95^{\circ}C$, yang akan dialirkan ke menara distilasi II MD-02 untuk mendapatkan kembali isopropil alkohol. Sementara itu, keluaran atas menara distilasi I adalah gas propanon pada suhu $58^{\circ}C$, yang akan dikondensasi di kondensor C-03. Destilat dari kondensor ini akan ditampung di refluks drum propanon RF-01. Dari refluks drum, sebagian akan dialirkan ke tangki penyimpanan propanon T-03 sebagai produk pada suhu $30^{\circ}C$ dan tekanan 1 bar, sementara sebagian

lainnya akan dikembalikan ke bagian atas kolom distilasi pertama sebagai refluks.

Menara distilasi II juga memiliki dua keluaran keluaran atas berupa isopropil alkohol dan sedikit air yang akan didaur ulang dan dicampur dengan umpan isopropil alkohol segar. Keluaran bawah menara distilasi II berupa air yang akan dialirkan ke unit pengolahan limbah.

2.4 Diagram Proses



Gambar 2. 1 Diagram Proses

2.5 Neraca Massa

2.5.1 Neraca Massa Vaporizer

Tabel 2. 1 Neraca Massaa Vaporizer

Komponen	Masuk		Keluar
	F1	F12	F5
(CH ₃) ₂ CO	0,0000	9,8354	9,8354
(CH ₃) ₂ CHOH	1584,3775	157,9542	1742,3317
H ₂ O	16,0038	1,5955	17,5993
Jumlah	1600,3813	169,3851	1769,7664
	1769,76636		1769,76636

2.5.2 Neraca Massa Reaktor

Tabel 2. 2 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	F5	F6
H ₂	0,0000	52,2699
(CH ₃) ₂ CO	9,8354	1525,6639
(CH ₃) ₂ CHOH	1742,3317	174,2332
H ₂ O	17,5993	17,5993
Jumlah	1769,7664	1769,7664
	1769,7664	1769,7664

2.5.3 Neraca Massa Separator

Tabel 2. 3 Neraca Massa Separator

Komponen	Masuk	Keluar	
	F6	F7	F8
H ₂	52,2699	52,2699	0,0000
(CH ₃) ₂ CO	1525,6639	15,8704	1509,7935
(CH ₃) ₂ CHOH	174,2332	0,6272	173,6060
H ₂ O	17,5993	0,0326	17,5668
Jumlah	1769,7664	68,8001	1700,9663
	1769,7664	1769,7664	

2.5.4 Neraca Massa Destilasi Pertama

Tabel 2. 4 Neraca Massa Destilasi Pertama

Komponen	Masuk	Keluar	
	F8	F9	F10
(CH ₃) ₂ CO	1509,7935	1498,8743	10,9193
(CH ₃) ₂ CHOH	173,6060	15,1401	158,4658
H ₂ O	17,5668	0,0000	17,5668
Jumlah	1700,9663	1514,0144	186,9518
	1700,9663	1700,9663	

2.5.5 Neraca Massa Destilasi Kedua

Tabel 2. 5 Neraca Massa Destilasi Kedua

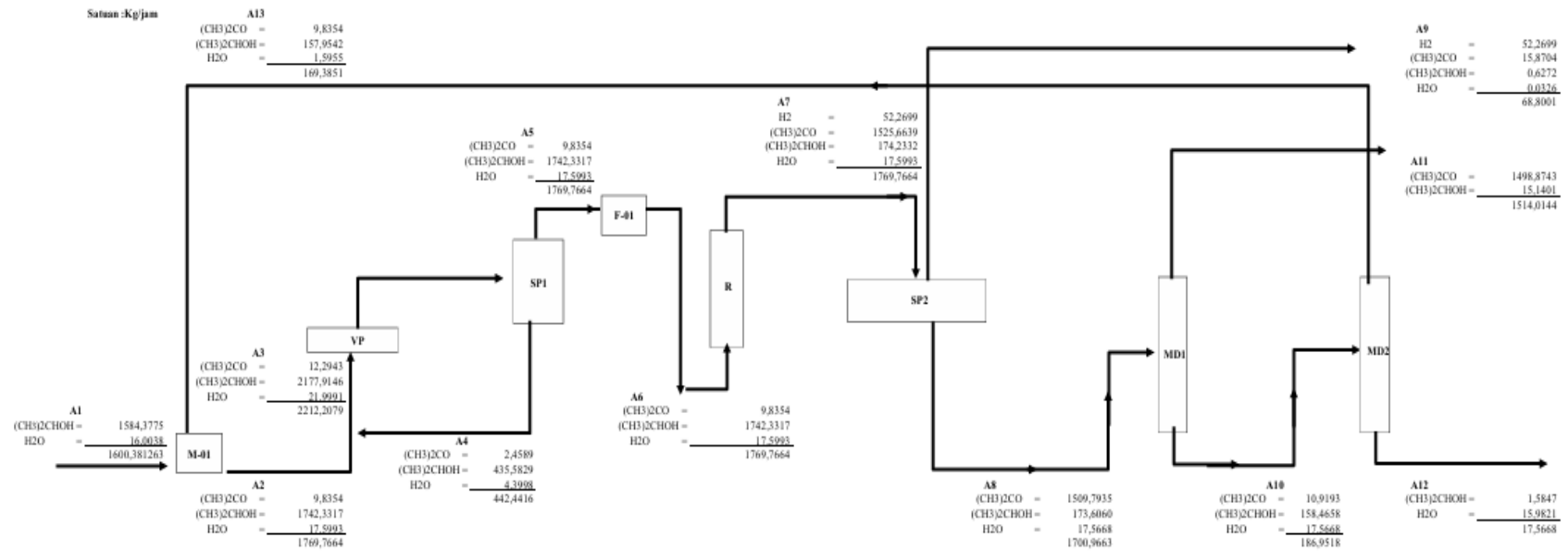
Komponen	Masuk	Keluar	
	F10	F12	F11
(CH ₃) ₂ CO	10,9193	10,9193	0,0000
(CH ₃) ₂ CHOH	158,4658	156,8812	1,5847
H ₂ O	17,5668	1,5847	15,9821
Jumlah	186,9518	169,3851	17,5668
	186,9518	186,9518	

2.5.6 Neraca Massa Overall

Tabel 2. 6 Neraca Massa Overall

Komponen	Masuk	Keluar		
	F1	F7	F9	F11
H ₂	0,0000	52,2699	0,0000	0,0000
(CH ₃) ₂ CO	0,0000	15,8704	1498,8743	0,0000
(CH ₃) ₂ CHOH	1584,3775	0,6272	15,1401	1,5847
H ₂ O	16,0038	0,0326	0,0000	15,9821
Jumlah	1600,3813	68,8001	1514,0144	17,5668
	1600,3813		1600,3813	

2.6.7 Diagram Alir Neraca Massa



Gambar 2. 1 Diagram Alir Neraca Massa

2.6 Neraca Panas

2.6.1 Neraca Panas Vaporizer

Tabel 2. 7 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CO	1237,27	2302,71
(CH ₃) ₂ CH	144517,58	527329,18
H ₂ O	2036,93	7338,97
Q penguapan		1202733,96
Q pemanas	1591913,05	
Jumlah	1739704,83	1739704,83

2.6.2 Neraca Panas Furnace

Tabel 2. 8 Neraca Panas Furnace

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CO	1102,80	5528,57
(CH ₃) ₂ CHOH	227554,07	1147605,17
H ₂ O	2642,25	11093,71
Q pemanas	932928,34	
Jumlah	1164227,45	1164227,45

2.6.3 Neraca Panas Reaktor

Tabel 2. 9 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
H ₂	0,0000	247890,39
(CH ₃) ₂ CO	5528,57	857589,51
(CH ₃) ₂ CHOH	1147605,17	114760,52
H ₂ O	11093,71	11093,71
Q Reaksi		65931,10
Q Pemanas	133037,78	
Jumlah	1297265,23	1297265,23

2.6.4 Neraca Panas Cooler 1

Tabel 2. 10 Neraca Panas Cooler 1

Komponen	Masuk	Keluar
H ₂	247890,39	94722,24
(CH ₃) ₂ CO	857589,51	279616,05
(CH ₃) ₂ CHOH	114760,52	37304,40
H ₂ O	11093,71	4158,99
Q Pendingin		815532,46
Jumlah	1231334,14	1231334,14

2.6.5 Neraca Panas Condensor Parsial dan Separator

Tabel 2. 11 Neraca Panas Condensor Parsial dan Separator

Komponen	Masuk	Keluar
H ₂	94722,24	26921,08
(CH ₃) ₂ CO	279616,05	73344,53
(CH ₃) ₂ CHOH	37304,40	9716,30
H ₂ O	4158,99	1177,96
Q Pengembunan	930651,47	
Q Pendingin		1235293,28
Jumlah	1346453,15	1346453,15

2.6.6 Neraca Panas Menara Distilasi Pertama

Tabel 2. 12 Neraca Panas Menara Distilasi Pertama

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CO	119232,17	112832,49
(CH ₃) ₂ CHOH	17836,80	27900,42
H ₂ O	2570,83	4110,24
Q Condenser		2068680,78
Q reboiler	2073884,13	
Jumlah	2213523,93	2213523,93

2.6.7 Neraca Panas Cooler 2

Tabel 2. 13 Neraca Panas Cooler 2

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CO	111428,30	33184,14
(CH ₃) ₂ CHOH	1464,71	437,48

Q pendingin		79271,39
Jumlah	225786,02	112893,01

2.6.8 Neraca Panas Menara Distilasi Kedua

Tabel 2. 14 Neraca Panas Menara Distilasi Kedua

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CO	862,32	811,75
(CH ₃) ₂ CHOH	16281,26	15441,60
H ₂ O	2570,83	3958,15
Q Condenser		231186,05
Q reboiler	231683,14	
Jumlah	251397,56	251397,56

2.6.9 Neraca Panas Cooler 3

Tabel 2. 15 Neraca Panas Cooler 3

Komponen	Masuk	Keluar
(CH ₃) ₂ CHOH	359,27	45,79
H ₂ O	5010,42	669,91
Q Pendingin		4653,99
Jumlah	5369,69	5369,69

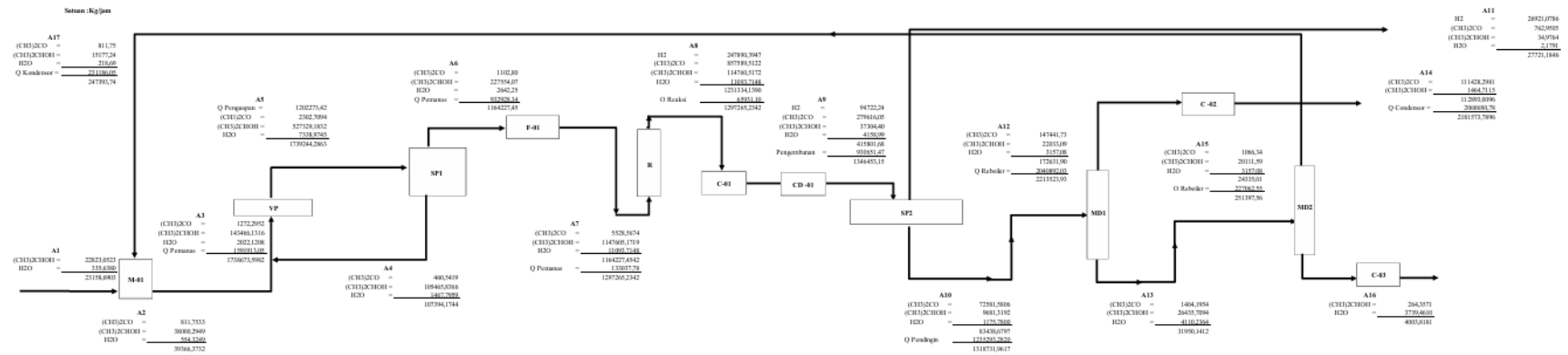
2.6.10 Neraca Panas Overall

Tabel 2. 16 Neraca Panas Overall

	INPUT	OUTPUT
Vaporizer		
(CH ₃) ₂ CO	1237,27	2302,71
(CH ₃) ₂ CHOH	144517,58	527329,18
H ₂ O	2036,93	7338,97
Q penguapan		1202733,96
Q pemanas	1591913,05	
Furnace		
(CH ₃) ₂ CO	1102,80	5528,57
(CH ₃) ₂ CHOH	227554,07	1147605,17
H ₂ O	2642,25	11093,71
Q Pemanas	932928,34	
Reaktor		
H ₂		247890,39
(CH ₃) ₂ CO	5528,57	857589,51
(CH ₃) ₂ CHOH	1147605,17	114760,52

H ₂ O	11093,71	11093,71
Q Reaksi		65931,10
Q Pemanas	133037,78	
Cooler 1		
H ₂	247890,39	94722,24
(CH ₃) ₂ CO	857589,51	279616,05
(CH ₃) ₂ CHOH	114760,52	37304,40
H ₂ O	11093,71	4158,99
Q Pendingin		815532,46
CDP Separator		
H ₂	94722,24	26921,08
(CH ₃) ₂ CO	279616,05	73344,53
(CH ₃) ₂ CHOH	37304,40	9716,30
H ₂ O	4158,99	1177,96
Q Pengembunan	930651,47	
Q Pendingin		1235293,28
Destilasi 1		
(CH ₃) ₂ CO	119232,17	112832,49
(CH ₃) ₂ CHOH	17836,80	27900,42
H ₂ O	2570,83	4110,24
Q Condenser		2068680,78
Q reboiler	2073884,13	
Destilasi 2		
(CH ₃) ₂ CO	862,32	811,75
(CH ₃) ₂ CHOH	16281,26	15441,60
H ₂ O	2570,83	3958,15
Q Condenser		231186,05
Q Reboiler	231683,14	
Cooler 2		
(CH ₃) ₂ CO	111428,30	33184,14
(CH ₃) ₂ CHOH	1464,71	437,48
Q Pendingin		79271,39
Cooler 3		
(CH ₃) ₂ CHOH	359,27	45,79
H ₂ O	5010,42	669,91
Q Pendingin		4653,99
TOTAL	9362168,99	9362168,99

2.6.11 Diagram Alir Neraca Panas



Gambar 2. 2 Diagram Alir Neraca Panas

2.7 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik yang efisien sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan keselamatan kerja. Desain tata letak harus diatur agar dapat memaksimalkan penggunaan ruang, menempatkan peralatan produksi secara strategis, serta menjamin kenyamanan dan keamanan bagi karyawan. Prarancangan tata letak pabrik dapat dilihat pada gambar 2.3. Untuk mencapai kondisi yang optimal, beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam penentuan tata letak pabrik propanon.

Menurut Vilbrand (1959), tata letak pabrik umumnya dibagi menjadi beberapa komponen utama, yaitu: area administrasi dan perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol, area proses yang mencakup proses, penyimpanan, dan dukungan, serta area utilitas yang berfungsi sebagai pusat penyediaan bahan-bahan pendukung seperti air, uap, dan listrik. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan letak pabrik.

1. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang didirikan merupakan pabrik baru di Indonesia, sehingga desain tata letak pabrik dapat dilakukan secara fleksibel dan strategis. Lokasi harus cukup dekat dengan ketersediaan bahan baku, selain itu infrastruktur juga perlu dipertimbangkan seperti pelabuhan, jalan tol, dan akses jalan provinsi.

2. Penataan Area Pabrik

Dalam pra-perancangan pabrik penataan area pabrik dapat dibagi menjadi beberapa kategori, seperti area proses, utilitas, penyimpanan, dan lain-lain. Penataan area berdasarkan faktor-faktor seperti efisiensi proses, akses ke jalan utama dan pelabuhan. Selain itu, penataan peralatan produksi yang terstruktur dan berurutan juga diperhatikan untuk memastikan proses kerja dapat berjalan secara efektif dan efisien, sehingga meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya. Tata letak alat-alat pabrik disusun secara sistematis dengan ruang yang cukup dan efisien sehingga pengoperasian, pengawasan, perbaikan dan penambahan alat baru mudah untuk dilakukan. Instalasi pemasangan dan distribusi pipa yang baik dari

gas, udara, steam, dan listrik juga perlu diperhatikan guna membantu kemudahan kerja dan perawatannya.

3. Utilitas

Utilitas adalah unit yang bertugas dalam menunjang kegiatan pabrik. Utilitas berperan dalam mensuplai ketersediaan air, listrik, steam, dan sarana pendukung lainnya. Proses industri menggunakan air dalam jumlah yang besar untuk berbagai proses, sehingga lokasi pabrik akan lebih baik jika berada didekat sumber air yang dapat memenuhi keperluan pabrik dalam jangka waktu yang lama. Lokasi pabrik juga sebaiknya cukup dekat dengan sumber listrik dan bahan bakar yang akan digunakan dalam menunjang kegiatan pabrik.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja adalah aspek yang sangat penting dalam operasional pabrik, dan di lokasi pabrik, penting untuk memastikan bahwa tenaga kerja yang tersedia memiliki kualifikasi yang memadai, termasuk tenaga terdidik, terampil, serta tenaga kerja kasar. Tenaga terdidik merujuk pada karyawan dengan pendidikan formal dan pelatihan khusus, yang memiliki pengetahuan teoritis kuat dan kemampuan analitis untuk menjalankan tugas-tugas kompleks seperti perancangan proses dan pengendalian kualitas. Sementara itu, tenaga terampil memiliki keterampilan praktis yang diperoleh melalui pelatihan atau pengalaman kerja, mampu mengoperasikan mesin dan menjaga produktivitas serta kualitas hasil produksi. Tenaga kasar, di sisi lain, mencakup pekerja yang melakukan tugas fisik tanpa memerlukan keterampilan khusus, tetapi tetap esensial untuk menjalankan aktivitas dasar di pabrik. Dengan kombinasi tenaga kerja yang beragam ini, pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien, memenuhi target produksi, serta menjaga standar kualitas tinggi, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan kebutuhan produksi.

5. Pemasaran Hasil Produksi

Tata letak pabrik perlu mempertimbangkan kelancaran distribusi bahan baku, proses, dan produk. Oleh karena itu, lokasi pabrik harus berada di area yang memiliki infrastruktur yang baik, seperti dekat dengan pelabuhan, jalan tol, dan akses jalan provinsi. Hal ini penting karena akses yang baik akan mempermudah pengiriman bahan baku masuk ke pabrik dan distribusi produk jadi ke pasar. Infrastruktur yang memadai juga dapat mengurangi waktu dan biaya transportasi, sehingga meningkatkan efisiensi operasional pabrik. Dengan demikian, pemilihan lokasi yang strategis tidak hanya mendukung kelancaran proses produksi, tetapi juga berkontribusi pada keberhasilan bisnis secara keseluruhan.

6. Pengolahan Limbah

Masalah pengelolaan limbah pabrik sangat penting untuk memastikan bahwa proses pembuangan tidak merusak lingkungan dan tidak menyebabkan polusi. Oleh karena itu, unit pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh pabrik dirancang khusus untuk menjaga kelestarian lingkungan sekitar. Desain ini mencakup sistem yang efisien dan ramah lingkungan untuk mengolah atau mendaur ulang limbah sebelum dibuang, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem.

7. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

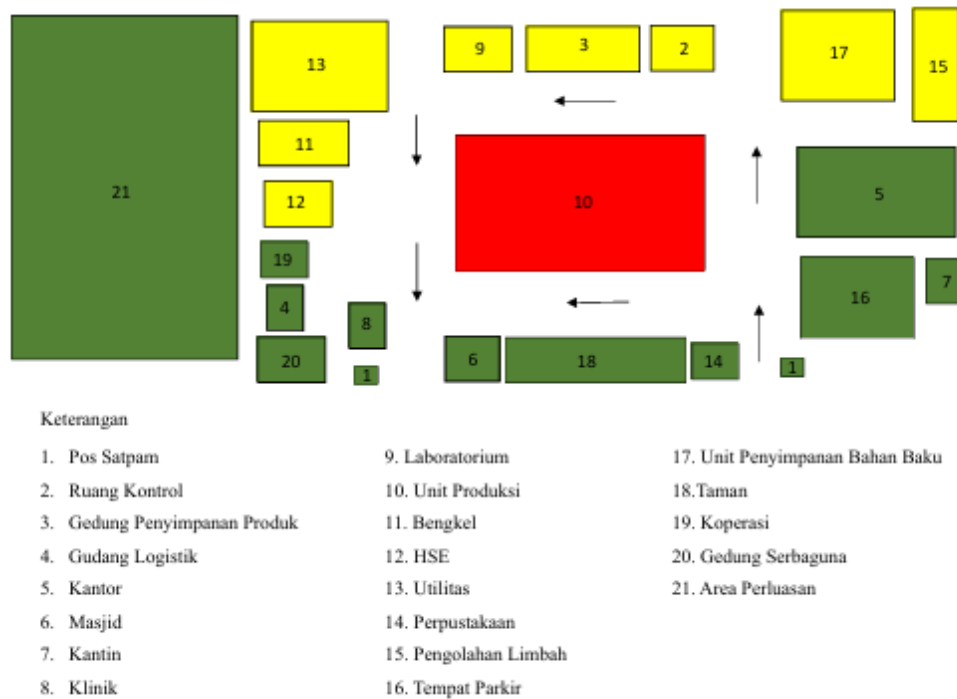
Letak pabrik harus cukup jauh dari bangunan dan juga tempat keramaian masyarakat. Hal ini karena untuk menghindari adanya kebakaran, banjir, bencana alam, ledakan, dan lainnya juga harus dipertimbangkan agar dapat dilakukan tindakan jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan. Lebar jalanan dalam pabrik harus memperhatikan keselamatan pekerja. Ketentuan minimum jalanan utama pabrik adalah 10 m² dan maksimum 400 m².

Tabel 2. 17 Luas Area Pabrik

No	Jenis Bangunan/ Tanah	Ukuran (m)	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	4 x 5	20
2	Ruang Control	10 x 14	140
3	Gudang Penyimpanan Produk	10 x 30	300
4	Gudang Logistik	10 x 8	80
5	Kantor	20 x 35	700
6	Masjid	10 x 12	120
7	Kantin	10 x 9	90
8	Klinik	10 x 8	80
9	Laboratorium	10 x 15	150
10	Unit Proses	30 x 50	1.500
11	Bengkel	10 x 20	200
12	K3 & Fire Safety	10 x 15	150
13	Daerah Utilitas	20 x 30	600
14	Perpustakaan	5 x 7	35
15	Unit Pengolahan Limbah	25 x 10	250
16	Tempat Parkir	25 x 18	450
17	Unit Penyimpanan bahan baku & produk	20 x 25	500
18	Taman	10 x 40	400
19	Koperasi	7 x 10	70
20	Gedung Serbaguna	10 x 15	150
21	Area Perluasan	50 x 80	4.000
TOTAL			10.000

Perkiraan luas tanah yang diperlukan dalam pembangunan Pabrik dengan perincian sebagai berikut:

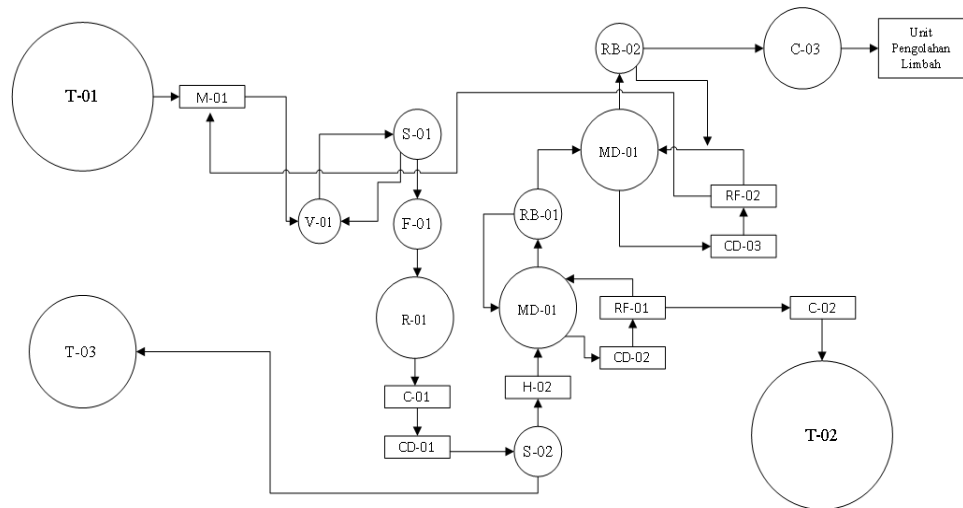
1. Luas tanah untuk pabrik : 1.500 m²
2. Luas tanah untuk penunjang proses dan fasilitas lainnya : 4.500 m²
3. Luas tanah untuk perluasan pabrik : 4.000 m²



Gambar 2. 3 Perancangan Tata Letak Pabrik

2.8 Tata Letak Peralatan Proses dan Pemetaan

Dalam perancangan pabrik, tata letak peralatan perlu dirancang secara efisien untuk mencapai berbagai tujuan, seperti memastikan integrasi penuh dalam proses produksi, memanfaatkan lahan dengan optimal, mengurangi biaya pengelolaan material, dan meningkatkan kepuasan kerja karyawan. Dengan demikian, produktivitas dapat meningkat dalam lingkungan kerja yang nyaman.



Gambar 2. 4 Tata Letak Peralatan Proses

Dalam merancang tata letak pabrik, beberapa faktor penting harus diperhatikan, termasuk

1. Lokasi peralatan yang strategis

Tata letak peralatan disusun mengikuti urutan proses produksi untuk meningkatkan efisiensi teknis dan ekonomis, yang pada gilirannya mempermudah kontrol, pengawasan, dan pergerakan operator. Selain itu, aliran bahan baku dan produk yang terencana dengan baik akan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan, serta menjamin kelancaran dan keamanan dalam proses produksi. Dengan tata letak yang teratur, operator dapat bekerja lebih efektif, mengurangi waktu yang terbuang, dan meminimalkan risiko kecelakaan, sehingga keseluruhan operasional pabrik menjadi lebih produktif dan aman.

2. Aliran udara

Penting untuk memperhatikan aliran udara di dalam dan sekitar area proses agar tetap lancar. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya stagnasi atau penumpukan udara di satu tempat, yang bisa membahayakan keselamatan kerja. Aliran udara yang baik tidak hanya menjaga kenyamanan, tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan seperti kebakaran atau ledakan, serta memastikan bahwa karyawan dapat bekerja dalam lingkungan yang aman dan sehat. Dengan demikian, pengelolaan aliran udara yang efektif

merupakan aspek krusial dalam menjaga keselamatan dan efisiensi operasional di tempat kerja.

3. Penerangan yang memadai

Penerangan seluruh area pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan untuk mencegah adanya kecelakaan kerja.

4. Lalu lintas manusia yang efektif

Aspek yang perlu diperhatikan agar pekerja dapat dengan cepat dan mudah mengakses seluruh area proses yaitu memperhatikan lalu lintas yang efektif, sehingga jika terjadi masalah pada peralatan, perbaikan dapat dilakukan segera.

5. Pertimbangan ekonomi

Dalam penataan peralatan proses di pabrik, upaya dilakukan untuk mengurangi biaya operasional sekaligus memastikan kelancaran dan keamanan produksi. Hal ini bertujuan untuk memberikan keuntungan ekonomi. Dengan mengatur peralatan secara strategis, pabrik dapat meminimalkan pengeluaran yang tidak perlu dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan demikian, penempatan alat yang tepat adalah kunci untuk mencapai keberhasilan ekonomi dalam operasional pabrik.

6. Jarak aman antar peralatan untuk memastikan keamanan

Untuk alat proses yang memiliki tekanan dan suhu operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan alat proses yang lain dan kerusakan dapat dikurangi. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, berikut adalah gambar tata letak peralatan.

7. Keselamatan

Dalam penentuan peralatan pabrik harus memperhatikan aspek keselamatan dan kesehatan kerja. Peralatan harus memiliki JSA agar resiko bahaya kerja dapat diminimalisir. Setiap peralatan harus dirancang dan dipilih dengan pertimbangan terhadap potensi risiko yang mungkin ditimbulkan.