

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1.1 Pati Ubi Jalar Putih, menurut Hung et al., (2019).

Total karbohidrat	:	99.37%
Lemak	:	0.08%
Kadar air	:	0.11%
Kadar abu	:	0.13%
Protein	:	0.31%

2.1.1.2 Kalsium Hidroksida

Menurut MSDS (2023) spesifikasi kalsium hidroksida sebagai berikut:

Rumus Molekul	:	Ca(OH)_2
Berat Molekul	:	74,1 g/mol
Wujud	:	Padatan putih
Titik Didih	:	2850 °C
Titik Beku	:	≥ 450 °C
Densitas (pada 20 °C)	:	2,240 gr/cm ³
Kelarutan dalam air (pada 20 °C)	:	1,85 g/l
pH	:	12,4 – 12,6

2.1.1.3 Asam sulfat

Menurut MSDS (2020), spesifikasi asam sulfat sebagai berikut:

Rumus Molekul	:	H_2SO_4
Berat Molekul	:	98,08 g/mol
Wujud	:	Cair
Titik Didih	:	290 °C
Titik Beku	:	10,4 °C

Densitas (pada 20 °C) : 1,84 g/l
 pH : 1

2.1.1.4 Natrium hidroksida

Menurut MSDS (2019) spesifikasi natrium hidroksida sebagai berikut:

Rumus Molekul : NaOH
 Berat Molekul : 40,0 g/mol
 Wujud : Padatan putih
 Titik Didih : 1390 °C
 Titik Beku : 319 - 322 °C
 Densitas (pada 20 °C) : 2,13 gr/cm³
 Kelarutan dalam air (pada 20 °C) : 1,090 g/l
 pH : > 14

2.1.2 Spesifikasi Produk

Pada perancangan ini produk yang akan dihasilkan berupa asam laktat dengan spesifikasi produk yang akan dijelaskan pada table

Tabel 1. 6 Spesifikasi Produk

Parameter	Spesifikasi Produk Utama
Nama Senyawa	Asam Laktat
Rumus Kimia	C ₃ H ₆ O ₃
Berat Molekul	90,08 gr/mol
Fase	Cair berwarna kuning
Kemurnian	50%
Titik Lebur	16,8°C
Titik Didih	122°C
Densitas	1,21 g/ml pada 20°C
Viskositas	20-40 mPa.s pada 20°C
Kelarutan	Larut dalam air pada 20°C
Tekanan Uap	0,1 hPa pada 25°C

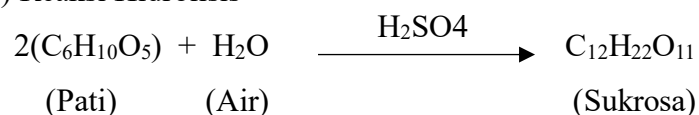
Sumber	MSDS
--------	------

2.2 Konsense Pross

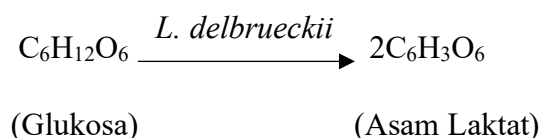
2.2.1 Dasar Reaksi

Proses produksi glukosa menjadi asam laktat menggunakan proses fermentasi. Glukosa dibentuk langsung melalui proses hidrolisis dalam kondisi asam. Proses hidrolisis merupakan proses awal untuk mengkonversi pati menjadi glukosa dengan bantuan katalis H_2SO_4 . Sedangkan proses fermentasi merupakan proses untuk menghasilkan asam laktat dengan penambahan *Lactobacillus delbrueckii*. Persamaan reaksi pembentukan asam laktat sebagai berikut:

(i) Reaksi Hidrolisis



(ii) Reaksi Fermentasi



2.2.2 Mekanisme Reaksi

Pada tahap produksi asam laktat dari ubi jalar, terdapat beberapa langkah penting dalam mekanisme reaksi. Pertama, pati dicampur dengan air menggunakan mixer pada suhu 95°C . Setelah itu, pati ubi jalar yang telah dihidrolisis akan mengalami fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus delbrueckii*. Proses fermentasi berlangsung dalam tangki fermentor selama 24 jam pada suhu 45°C dan tekanan 1 atm. Selama fermentasi, bakteri ini mengubah pati menjadi asam laktat. Akhirnya, untuk menjaga kestabilan pH, ditambahkan CaCO_3 ke dalam campuran.

2.2.3 Fase Reaksi

Reaksi berlangsung pada fasa cair menggunakan reaktor hidrolisis dan reaktor fermentor, reaksi bersifat eksotermis sehingga nilai ($\Delta H = \text{negative}$)

2.2.4 Kondisi Operasi

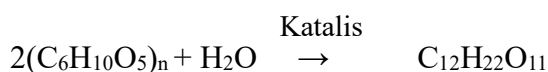
Pada pembuatan asam laktat dari pati ubi jalar dan air kondisi operasi pada proses hidrolisis dioperasikan pada suhu 140°C dengan tekanan 2 atm. Pada kondisi ini, fasanya cair-cair dengan katalis asam (H_2SO_4). Pada reaksi hidrolisis berlangsung secara irreversible, sedangkan reaksi fermentasi berlangsung secara reversible dengan kondisi operasi pada suhu 40°C dengan tekanan 1 atm. Hasil konversi yang didapatkan yaitu 50%.

2.2.5 Tinjauan Secara Termodinamika, menurut Smith, (1950)

2.2.5.1 Termodinamika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi yaitu eksotermis atau endotermis dan spontan atau tidak spontan. Serta dapat menentukan arah reaksi (*reversible* atau *irreversible*). Penentuan panas reaksi yang berjalan secara ekotermis maupun endotermis dapat dihitung dengan penentuan panas pembentukan standar ($\Delta H^{\circ}\text{F}$) berada pada suhu 298°K dan dihitung Energi Gibbs untuk mengetahui reaksi spontan atau tidak spontan, serta nilai Konstan Keseimbangan (K) untuk menentukan arah (*reversible* atau *irreversible*).

1. Hidrolisis Pati Menjadi Glukosa



Komponen	$\Delta H^{\circ}\text{F } 298 \text{ K (kJ/mol)}$	$\Delta G^{\circ} 298\text{K (kJ/mol)}$
$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$	-1483,36	-
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	-2199,9	-1564,7
H_2O	-285,830	-237,129
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-1262,2	-915,9

- a. Menghitung ΔH°_r

$$\begin{aligned}\Delta H_r &= \Delta H^\circ F \text{ produk} - \Delta H^\circ F \text{ reaktan} \\ &= [\Delta H^\circ F_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}] - [2\Delta H^\circ F_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} + \Delta H^\circ F_{\text{H}_2\text{O}}] \\ &= [(-2199,9)] - [(2966,7) + (-285,830)] \\ &= 1.052,1 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Nilai (+) = Endotermis

- b. Menghitung ΔG°

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\ &= [\Delta G^\circ_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}] - [2\Delta G^\circ_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} + \Delta G^\circ_{\text{H}_2\text{O}}] \\ &= [(-1564,7)] - [(-237,129)] \\ &= -1.328 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = -R.T \ln K$$

$$\ln K_0 = \frac{-1.328 \text{ kJ/kmol}}{(8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol.K}}) \times (298 \text{ K})}$$

$$\ln K_0 = -535.835$$

$$K_0 = 1,948 \times 10^{-233}$$

$$K \text{ pada suhu } 140^\circ\text{C} = 413,15 \text{ K}$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = -\frac{\Delta H_r}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = -\frac{1.052,1}{8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol.K}}} \times \left(\frac{1}{413,15 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = 44,634$$

$$\frac{K_1}{K_0} = 2,42 \times 10^{19}$$

$$K_1 = 4,718 \times 10^{-214}$$

Berdasarkan hasil perhitungan K_1 besar didapatkan $4,718 \times 10^{-214}$ sehingga reaksi dianggap berjalan bolak balik (*reversible*).



Komponen	$\Delta H^\circ F$ 298 K (kJ/mol)	ΔG° 298K (kJ/mol)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-1262,2	-915,9
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	-2199,9	-1564,7
H_2O	-285,830	-237,129

a. Menghitung ΔH°_r

$$\begin{aligned}\Delta H_r &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= [2\Delta H^\circ_f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - [\Delta H^\circ_f \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O}]] \\ &= [(2(-1262,2)) - [(-2199,9) + (-285,830)]] \\ &= -38,67 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Nilai (-) = Eksotermis

b. Menghitung ΔG°

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\ &= [2\Delta G^\circ \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - [\Delta G^\circ \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O}]] \\ &= [2(-915,9)) - [(-1564,7) + (-237,129)] \\ &= -29,971 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Nilai (-) = Spontan

$$\Delta G^\circ = -R.T \ln K$$

$$\ln KO = \frac{\Delta G}{R.T}$$

$$\ln KO = - \frac{-29,971 \text{ kJ/mol}}{(8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times (298 \text{ K}))}$$

$$\ln KO = 12,097$$

$$KO = 1,79 \times 10^5$$

$$K \text{ pada suhu } 140^\circ\text{C} = 413,15 \text{ K}$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = - \frac{\Delta H_r}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = - \frac{-38,67}{8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \times \left(\frac{1}{413,15 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = 1,640$$

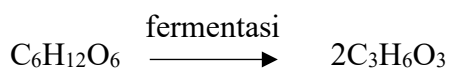
$$\frac{K_1}{K_0} = 5,15$$

$$K_1 = 5,15 \times 1,79 \times 10^5$$

$$K1 = 9,22 \times 10^5$$

Berdasarkan hasil perhitungan K1 besar didapatkan $9,22 \times 10^5$ sehingga reaksi dianggap berjalan searah (*irreversible*)

2. Fermentasi



Komponen	ΔH°_f 298 K (kJ/mol)	ΔG° 298K (kJ/mol)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-1262,2	-915,9
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	-674,500	-518,200

$$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$= [(2\Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3) - [\Delta H^\circ_f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]]$$

$$= [2(-674,500) - (-1262,2)]$$

$$= -86,8 \text{ kJ/mol}$$

Nilai (-) = Eksotermis

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan}$$

$$= [(2\Delta G^\circ \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_3) - \Delta G^\circ \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$$

$$= [2(-518,200)) - (-915,9)]$$

$$= -120,5 \text{ kJ/mol}$$

Nilai (-) = Spontan

$$\Delta G = -R.T \ln K$$

$$\ln K0 = - \frac{\Delta G}{R.T}$$

$$\ln K0 = - \frac{-120,5 \text{ kJ/mol}}{(8,314 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) \cdot K \times (298 \text{ K})}$$

$$\ln K0 = -540,90537$$

$$K0 = 1,222 \times 10^{-235}$$

$$K \text{ pada suhu } 40^\circ\text{C} = 313^\circ\text{K}$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = - \frac{1676,63 \frac{kJ}{mol}}{8,314 \times 10^{-3} \frac{kJ}{mol} \cdot K} \times \left(\frac{1}{313 K} - \frac{1}{298 K} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{K_0} = 53,50523$$

$$\frac{K_1}{K_0} = 1,72595 \times 10^{23}$$

$$K_1 = 1,72595 \times 10^{23} \cdot 1,222 \times 10^{-235}$$

$$K_1 = 2,1126 \times 10^{-212}$$

Berdasarkan hasil perhitungan K1 besar didapatkan $2,1126 \times 10^{-212}$ sehingga dianggap berjalan bolak balik (*reversible*)

2.2.5.2. Tinjauan Kinetika

Pada proses fermentasi dapat digunakan untuk merancang dan mengontrol proses mikroba. Untuk produksi asam laktat menggunakan model kinetika fermentasi

a. Reaksi Hidrolisis

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot (C_6H_{10}O_5)$$

$$\text{Diasumsikan } CA = C_6H_{10}O_5$$

Laju reaksi:

$$-R_a = k \cdot CA$$

$$-(k \cdot CA) = \frac{dx}{dt}$$

$$-(k \cdot CA_0(1 - x_a)) = \frac{(-CA_0 \cdot d(xa))}{dt}$$

$$dt = \frac{(d(xa))}{(k(1-xa))}$$

$$t = \frac{1}{k} (-\ln (1 - x_a))$$

b. Reaksi Fermentasi

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \left(\frac{S}{K_S + S} \right) \left(\frac{K_P}{K_P + P} \right) \times$$

$$- \frac{dL}{dt} = \frac{1}{Y_P} \frac{dP}{dt}$$

$$\frac{dP}{dt} = k_4 \frac{dx}{dt} + k_5 \left(\frac{S}{K_{S'} + S} \right)$$

Keterangan :

k_1 = Konstanta laju reaksi

k_4 = Konstanta laju reaksi

k_5 = Konstanta laju reaksi

K_p = Konstanta penghambatan produk (g/l)

K_s = Konstanta substrat (g/l)

K_s' = Konstanta substrat limitasi (g/l)

S = Konsentrasi substrat (g/l)

P = Konsentrasi asam laktat (g/l)

L = Konsentrasi Laktosa (g/l) x = Konsentrasi biomassa (g/l)

Y_p = Yield (g biomassa/ g substrat)

2.3 Langkah Proses

2.3.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

2.3.1.1 Pati

Pati disimpan di Silo-01 dalam bentuk *powder* dengan kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian pati akan dialirkan dengan Screw Conveyor-01 menuju Bucket Elevator-01 untuk dimasukkan ke dalam Mixer-01.

2.3.1.2 Kalsium Hidroksida

Ca(OH)_2 akan disimpan dalam gudang penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam fase padat. Selanjutnya akan dialirkan menuju Reaktor-02 dan Reaktor-03.

2.3.1.3 Asam Sulfat

Asam Sulfat dengan kemurnian 98% akan disimpan dalam Tangki-01 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam fase cair. Kemudian akan dialirkan menuju Reaktor-01.

2.3.1.4 Natrium Hidroksida

NaOH dengan kemurnian 70% akan disimpan dalam Tangki-02 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam fase cair, kemudian akan dipompa menuju Netralizer-01 yang berfungsi agar katalis asam sulfat tidak merusak alat proses lainnya, kemudian dapat mengganggu pertumbuhan bakteri pada proses fermentasi serta menghasilkan produk samping yaitu sodium sulfat.

2.3.2 Tahap Reaksi Hidrolisis

Pada Mixer-01, pati dicampur dengan air pada suhu 95°C dan tekanan 1 atm. Kemudian, masuk ke dalam reaktor-01 yang berfungsi untuk memecah pati menjadi glukosa dengan penambahan katalis H₂SO₄ dan mengencerkan glukosa sebesar 20% pada suhu operasi 140°C dan tekanan 2 atm. Penambahan katalis H₂SO₄ berfungsi untuk mempercepat reaksi dan memperbesar kereaktifan air. Reaksi yang terjadi :

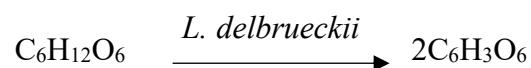


Output dari reaktor hidrolisis yaitu pati, abu, air, H₂SO₄, dan glukosa masuk ke Netralizer-01 dengan konversi 100%. Glukosa yang sudah diencerkan dialirkan ke *culture tank* sebanyak 10% feed dan 90% feed ke fermentor. Netralizer berfungsi untuk menetralisasi asam sulfat dengan NaOH agar tidak memperburuk perkembangan bakteri.

2.3.3 Tahap Fermentasi

Komponen output dari Netralizer-01 dialirkan menuju reaktor-02, pada reaktor-02 terjadi proses pengembangbiakan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* dengan penambahan beberapa nutrisi antara lain 0,375% malt sprout dan 0,25% (NH₄)₂HPO₄. Reaksi dalam reaktor berlangsung selama 18 jam pada temperature 40°C dan tekanan 1 atm. Penambahan Ca(OH)₂ berfungsi untuk mempertahankan pH agar tidak berubah-ubah pada saat reaksi, karena bakteri sangat rentan terhadap perubahan pH yang dijaga pada pH optimumnya pada pH 5-6.

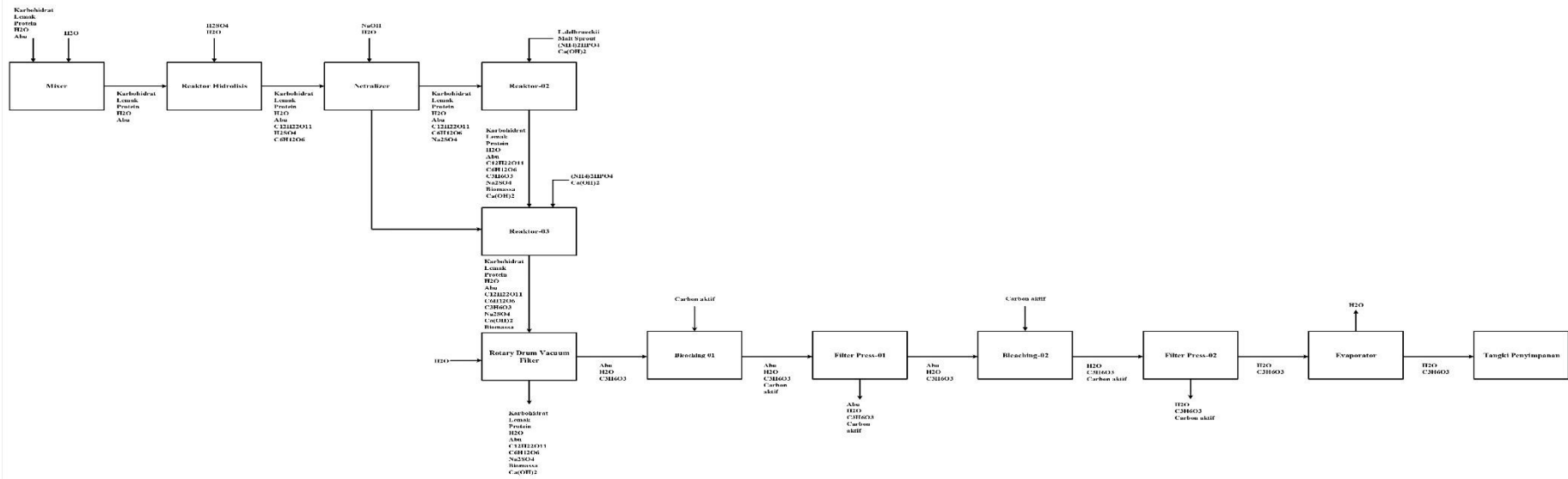
Hasil output reaktor-02 dan 90% feed masuk ke reaktor-03 yang difermentasi dengan menambahkan 10% Ca(OH)₂, 0,25% (NH₄)₂HPO₄, dan air. Proses berlangsung pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm selama 18 jam. Reaktor-03 berfungsi untuk memfermentasikan glukosa menjadi asam laktat dengan penambahan bakteri. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Produk hasil fermentasi akan diumpankan kedalam *Rotary Drum Vacuum Filter*-01 untuk menyaring dan memisahkan cake dengan abu, H₂O, C₃H₆O₃ yang akan masuk kedalam tahap pemurnian dengan menambahkan air sebagai pencuci.

Filtrat dari *Rotary Drum Vacuum Filter*-01 akan dipompakan ke dalam Bleaching-01 dengan penambahan karbon aktif sebanyak 18,72% untuk menyerap warna dan untuk menjerap abu yang terikut ke dalam tahap pemurnian. Selanjutnya filtrat dipisahkan menggunakan Filter Press-01 dan output bawahnya akan diumpankan menuju Bleaching-02 dengan penambahan karbon aktif sebanyak 18,72% agar penyerapan abu bersih maksimal. Keluaran Bleaching-02 diumpankan menuju Filter Press-02. Output dari Filter Press-02 berupa *cake* akan dikirim ke unit pengolahan limbah, sedangkan filtratnya akan dipompa menuju Evaporator-01 untuk menguapkan H₂O dan memekatkan larutan asam laktat hingga kemurnian 50%. Larutan yang sudah dipekatkan akan dipompa menuju Tangki-03 dan disimpan dengan kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

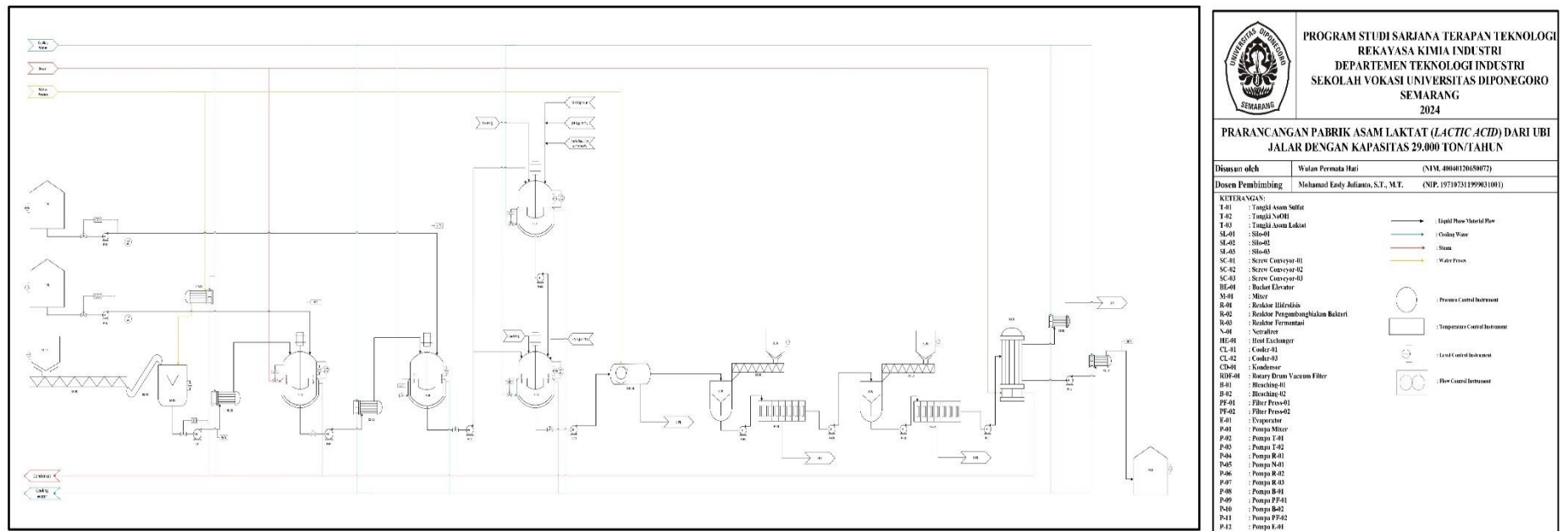
2.4 Diagram Blok



Gambar 2. 1 Diagram Blok

2.5 Diagram Alir Proses Asam Laktat

PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT (*LACTIC ACID*) DARI UBI JALAR DENGAN KAPASITAS 29.000 TON/TAHUN



Gambar 2. 2 Diagram Alir Proses Asam Laktat

2.6. Neraca Massa dan Neraca Panas

2.6.1 Neraca Massa

1. Neraca Massa Mixer (M-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	PW-01	Arus 2
Pati	1.646.283,16	-	1.646.283,16
Lemak	1.325,38	-	1.325,38
Air	1.822,39	-	1.328.174,58
Abu	2.153,74	-	2.153,74
Protein	5.135,83	-	5.135,83
Processed Water	-	1.326.352,19	-
Jumlah	1.656.720,50	1.326.352,19	
Total	2.983.072,69		2.983.072,69

2. Neraca Massa Reaktor – 1 (R-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 2	SA-01	Arus 3
Pati	1.646.283,16	-	995,90
Lemak	1.325,38	-	1.325,38
Air	1.328.174,58	-	1.328.174,58
Abu	2.153,74	-	2.153,74
Protein	5.135,83	-	5.135,83
Asam Sulfat	-	1.006,98	11,08
			1.646.283,16
Jumlah	2.983.072,69	1.006,98	
Total	2.984.079,7		2.984.079,7

3. Neraca Massa Netralizer (N-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 3	SA-01	Arus 4
Glukosa	1.646.283,16	-	1.646.283,16

Pati	995,90	-	995,90
Lemak	1.325,38	-	1.325,38
Air	1.328.174,58	-	1.328.158,53
Abu	2.153,74	-	2.153,74
Protein	5.135,83	-	5.135,83
Asam Sulfat	11,08	-	-
NaOH 70%	-	9,04	-
Na ₂ SO ₄	-	-	16,05
Jumlah	2.984.079,67	9,04	
Total	2.984.068,59		2,984.068,59

4. Neraca Massa Reaktor – 2 (R-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 4	LM/AH/CH-01	Arus 5
Glukosa	1.646.283,16	-	82.313,11
Pati	995,90	-	995,90
Lemak	1.325,38	-	1325,38
Air	1.328.158,53	-	1.328.158,53
Abu	2.153,74	-	2.153,74
Protein	5.135,83	-	5.135,83
Na ₂ SO ₄	16,05	-	16,05
Asam Laktat	-	-	781.290,55
Cake	-	-	1.099.736,80
Lactobacillus delbrucki + Malt	-	11.190,26	-
(NH ₄) ₂ HPO ₄	-	7.460,17	-
Ca(OH) ₂	-	298.406,86	-
Jumlah	2.984.068,59	317.057,29	
Total	3.301.125,88		3.301.125,88

5. Neraca Massa Reaktor – 3 (R-03)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 5	LM/AH/CH-02	Arus 6	
Asam Laktat	781.290,55	-	820.355,08	
Glukosa	82.313,11	-	4.114,60	
Pati	995,90	-	995,90	
Lemak	1.325,38	-	1.325,38	
Air	1.328.158,53	-	1.328.158,53	
Abu	2.153,74	-	2.153,74	
Protein	5.135,83	-	5.135,83	
Na ₂ SO ₄	16,05	-	16,05	
Cake	1.099.736,80	-	1.455.928,07	
Lactobacillus delbrucki + Malt	-	11190.26	-	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	-	7460.17	-	
Ca(OH) ₂	-	298406.86	-	
Jumlah	3.301.125,88	317057.29	3.618.183,17	
Total	3.618.183,17			

6. Neraca Massa Rotary Dryer Filter (RDF-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 6	PW-02	Arus 7	UPL-01
Asam	820.355,08	-	820.355,08	-
Laktat		-		-
Glukosa	4.114,60	-	-	-
Pati	995,90	-	-	-
Lemak	1.325,38	-	-	-
Air	1.328.158,53	-	3.739.491,88	-
Abu	2.153,74	-	2.153,74	-
Protein	5.135,83	-	-	-
Na ₂ SO ₄	16,05	-	-	-

Cake	1.455.928,07	-	-	-
Processed	-	2.411.333,35	-	-
Water				
Cake ke	-	-	-	1.467.515,83
UPL				
Jumlah	3.618.183,17	2.411.333,35	4.562.000,69	1.467.515,83
Total	6.029.516,52		6.029.516,52	

7. Neraca Massa Bleaching – 1 (B-01)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 7	AC-01	Arus 8
Asam Laktat	820.355,08	-	820.355,08
Abu	2.153,74	-	1.076,87
Air	3.739.491,88	-	3.739.491,88
Cake	-	-	855.083,40
Karbon Aktif	-	854.006,53	-
Jumlah	4.562.000,69	854.006,53	
Total	5.416.007,22		5.416.007,22

8. Neraca Massa Filter Press – 1 (FP-01)

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	UPL-02	Arus 9
Asam Laktat	820.355,08	-	820.355,08
Abu	1.076,87	-	1.076,87
Air	3.739.491,88	-	3.739.491,88
Cake	855.083,40	855.083,40	-
Jumlah	5.416.007,22	855.083,40	4.560.923,82
Total		5.416.007,22	

9. Neraca Massa Bleaching – 2 (B-02)

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 9	AC-02	Arus 10

Asam Laktat	820.355,08	-	820.355,08
Abu	1.076,87	-	-
Air	3.739.491,88	-	3.739.491,88
Cake	-	-	854.881,81
Karbon Aktif	-	853.804,94	-
Jumlah	4.560.923,82	853.804,94	
Total	5.414.728,76		5.414.728,76

10. Neraca Massa Filter Press – 2 (FP-02)

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 10	UPL-03	Arus 11
Asam Laktat	820.355,08	-	820.355,08
Air	3.739.491,88	-	3.739.491,88
Cake	854.881,81	854.881,81	-
Jumlah		854.881,81	4.559.846,96
Total	5.414.728,76		5.414.728,76

11. Neraca Massa Evaporator (E-01)

Komposisi	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 11	VP-01	Arus 12
Asam Laktat	820.355,08	-	820.355,08
Air	3.739.491,88	2.925.149,52	814.342,36
Jumlah		2.925.149,52	1,634,697,44
Total	4.559.846,96		4.559.846,96

12. Neraca Massa Overall

Komposisi	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 1	PW, SA, SH,	UPL, VP	Arus 12
		LM, AH, CH,		
		AC		
Pati	1.646.283,16	-	-	-

Lemak	1.325,38	-	-	-
Asam Laktat	-	-	-	820.355,08
Air	1.822,39	-	2.925.149,52	814.342,36
Cake	-	-	3.177.481,04	-
Abu	2.153,74	-	-	-
Protein	5.135,83	-	-	-
Processed Water	-	3.738.661,32	-	-
Asam Sulfat	-	11,08	-	-
NaOH 70%	-	9,04	-	-
Lactobacillus delbrueckii + Malt	-	22.380,51	-	-
(NH ₄) ₂ HPO ₄	-	14.920,34	-	-
Ca(OH) ₂	-	596.813,72	-	-
Karbon Aktif	-	170.811,47	-	-
Jumlah	1.656.720,50	6.080.607,49	6.102.630,55	1.634.697,44
Total	7.737.327,99		7.737.327,99	

2.6.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas Reaktor-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	742.781.583,15	-
Output	-	743.095.092,55
Qreaksi	8.056.828,51	-
Qpemanas	-	7.743.319,10
Total	750.838.411,66	750.838.411,66

2. Neraca Panas Reaktor-02

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	100.265.226,09	-

Output	-	100.295.723,29
Qreaksi	23.967.042.495,75	-
Qpendingin	-	23.967.011.998,55
Total	24.067.307.721,84	24.067.307.721,84

3. Neraca Panas Reaktor-03

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	100.251.336,48	-
Output	-	100.244.678,98
Qreaksi	23.903.988.303,79	-
Qpendingin	-	23.903.994.961,29
Total	24.004.239.640,27	24.004.239.640,27

4. Neraca Panas Netralizer-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	100.260.258,27	-
Output	-	100.259.263,07
Qreaksi	42.711,01	-
Qpendingin	-	43.706,21
Total	100.302.969,28	100.302.969,28

5. Neraca Panas Evaporator-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	282.245.785,23	-
Output	-	143.8021.464,26
Panas Laten	5.592.084.382,21	-
Qpemanas	-	4.436.308.703,15
Total	5.874.330.167,44	5.874.330.167,44

6. Neraca Panas Heater-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	33.455.566,05	-

Output	-	458.883.326,07
QSteam	425.427.760,02	-
Total	458.883.326,07	458.883.326,07

7. Neraca Panas Heater-02

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	459.516.123,42	-
Output	-	742.779.306,27
QSteam	283.263.182,85	-
Total	742.779.306,27	742.779.306,27

8. Neraca Panas Cooler-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	743.095.092,55	-
Output	-	100.260.159,23
Air Pendingin	-	642.834.933,32
Total	743.095.092,55	743.095.092,55

9. Neraca Panas Cooler-02

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	1.438.021.464,29	-
Output	-	94.350.414,12
Air Pendingin	-	1.343.671.050,16
Total	1.438.021.464,29	1.438.021.464,26

10. Neraca Panas Condensor-01

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	1.124.543.572,98	-
Output	-	1.068.370.395,20
Panas Laten	6.601.875.246,38	-
QPendingin	-	6.658.048.424,16

Total	7.726.418.819,36	7.726.418.819,36
--------------	-------------------------	-------------------------

11. Neraca Panas Rotary Drum Vacum Filter

Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Input	100.244.678,98	-
Output	-	282.193.075,32
QSteam	181.948.396,34	-
Total	282.193.075,32	282.193.075,32

2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

2.6.1 Lay Out Pabrik

Pabrik asam laktat yang akan kami dirikan terletak pada Gresik, Provinsi Jawa Tengah. Tata letak pabrik adalah suatu metode untuk mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik dengan tujuan memperlancar proses produksi. Tata letak pabrik melibatkan perencanaan ruang untuk semua aktivitas di dalam pabrik, termasuk kantor, ruang kerja, dan fasilitas lain yang terkait dengan produksi. Oleh karena itu, perencanaan tata letak pabrik harus dilakukan dengan hati-hati agar menghindari kesulitan di masa depan. Fasilitas pabrik tidak hanya mencakup mesin, tetapi juga area layanan seperti penerimaan barang, dan tempat pemeliharaan. Selain itu, aspek keamanan dan keselamatan para pekerja juga harus diperhatikan dalam perencanaan tata letak pabrik, baik di dalam maupun di luar. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam merancang tata letak pabrik meliputi perluasan pabrik.

1. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik harus dipertimbangkan sejak tahap perancangan. Tujuannya adalah agar kebutuhan ruang di masa depan dapat terakomodasi dengan baik. Area khusus telah disiapkan untuk perluasan pabrik, termasuk penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas produksi.

2. Keamanan

Keamanan terhadap potensi bahaya seperti kebakaran, ledakan, dan asap/gas beracun harus menjadi perhatian utama dalam menentukan tata letak pabrik. Penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant dan air yang memadai harus diperhatikan. Tangki penyimpanan produk berbahaya harus ditempatkan di area khusus, dan jarak antara bangunan-bangunan harus memungkinkan evakuasi para karyawan saat terjadi keadaan darurat.

3. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah membatasi ketersediaan area. Oleh karena itu, penggunaan ruang harus disesuaikan dengan luas yang ada. Jika harga tanah tinggi, efisiensi dalam penggunaan ruangan perlu dipertimbangkan, misalnya dengan menumpuk peralatan atau mengatur lantai ruangan secara optimal.

4. Bangunan

Bangunan fisik harus memenuhi standar dan dilengkapi dengan fasilitas seperti ventilasi dan instalasi yang sesuai.

5. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi gas, uap, dan listrik yang baik akan memudahkan operasi dan perawatan. Penempatan alat proses harus memperhatikan aksesibilitas bagi karyawan dan kelancaran operasi.

6. Jaringan Jalan Raya

Jalan yang memadai diperlukan untuk pengangkutan bahan, perbaikan, pemeliharaan, dan keselamatan kerja. Dalam tata letak pabrik, beberapa daerah utama meliputi:

- Daerah Administrasi/Perkantoran, Laboratorium, dan Fasilitas Pendukung: Ini mencakup administrasi, laboratorium (kualitas dan penelitian), serta fasilitas seperti poliklinik, kantin, dan masjid.
- Daerah Proses dan Perluasan: Di sini terdapat peralatan proses produksi dan area perluasan untuk meningkatkan kapasitas produksi.
- Daerah Pergudangan Umum, Bengkel, dan Garasi

- Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran: Lokasi penyediaan air, uap, dan tenaga listrik, serta unit pemadam kebakaran.
- Daerah Pengolahan Limbah: Tempat pembuangan dan pengolahan limbah hasil produksi.

Tabel 1. 7 Lokasi Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Area Proses	110	90	9.900
2.	Area Utilitas	70	55	3.850
3.	Area Perluasa	80	50	4.000
4.	Area Mesh Karyawan	60	50	3.000
5.	Bengkel	25	15	375
6.	Gudang Peralatan	40	20	800
7.	Kantin	20	10	200
8.	Kantor Teknik dan Produksi	40	40	1.600
9.	Kantor Utama	50	40	2.000
10.	Laboratorium	40	20	800
11.	Masjid	20	30	600
12.	Parkir Truk	50	35	1.750
13.	Parkir Utama	40	30	1.200
14.	Perpustakaan	25	15	375
15.	Poliklinik	25	20	500
16.	Pos Keamanan 1	5	4	20
17.	Pos Keamanan 2	5	4	20
18.	Ruang Kontrol Produksi	35	25	875
19.	Ruang Kontrol Utilitas	30	20	600
20.	Taman	30	65	1.950
21.	Unit Pemadam Kebakaran	20	20	400
Luas Bangunan				33.865
Luas Tanah				37.535

Dalam uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari tata letak pabrik adalah sebagai berikut:

- a. Integrasi Faktor Produk: Tujuan tata letak pabrik adalah mengintegrasikan semua yang mempengaruhi produk.
- b. Aliran Kerja yang Efisien: Tata letak pabrik harus memastikan aliran kerja sesuai dengan diagram alir proses.
- c. Optimalisasi Perpindahan Bahan: Pabrik harus berusaha meminimalkan perpindahan bahan.
- d. Pemanfaatan Areal secara Efektif: Seluruh area pabrik harus digunakan secara efisien.
- e. Keselamatan dan Kenyamanan Karyawan: Tata letak juga harus memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan.
- f. Fleksibilitas Alat Produksi: Pengaturan alat produksi harus dapat disesuaikan dengan kebutuhan.



Gambar 2. 3 Layout Pabrik Asam Laktat (Skala 1:1.000)

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1. Area proses | 11. Masjid |
| 2. Area utilitas | 12. Parkir truk |
| 3. Area perluasan | 13. Parkir utama |
| 4. Area mesh karyawan | 14. Perpustakaan |
| 5. Bengkel | 15. Poliklinik |
| 6. Gudang peralatan | 16. Pos keamanan 1 |

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 7. Kantin | 17. Pos keamanan 2 |
| 8. Kantor teknik dan produksi | 18. Ruang control produksi |
| 9. Kantor utama | 19. Ruang control utilitas |
| 10. Laboratorium | 20. Taman |
| | 21. Unit pemadam kebakaran |

2.6.2 Lay Out Peralatan Proses

Perancangan yang baik pastinya akan mentukan efisiensi dari proses produksi, keamanan, maupun produksi, sehingga dapat mencakup beberapa hal sebagai berikut:

1. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan menghasilkan keuntungan yang besar, serta dapat membantu kelancaran dan keamanan

2. Aliran udara

Dalam area proses harus dijaga agar tetap lancar. Dimana memiliki tujuan mencegah terjadinya stagnasi udara di suatu tempat sehingga akan mengakibatkan bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, maka perlu diperhatikan hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan didalam pabrik sangatlah penting bagi kenyamanan Bersama maupun keselamatan Bersama, dikarenakan jika membangun pabrik pastinya harus memadai penerangan disetiap sudut terutama pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu diberi tambahan penerangan.

4. Lalu lintas manusia

Dalam menentukan perancangan peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jadi apabila terjadi kendala pada alat proses maka harus diperbaiki, selain itu juga keamanan pekerja perlu diprioritaskan selama menjalankan tugasnya.

5. Perimbangan ekonomi

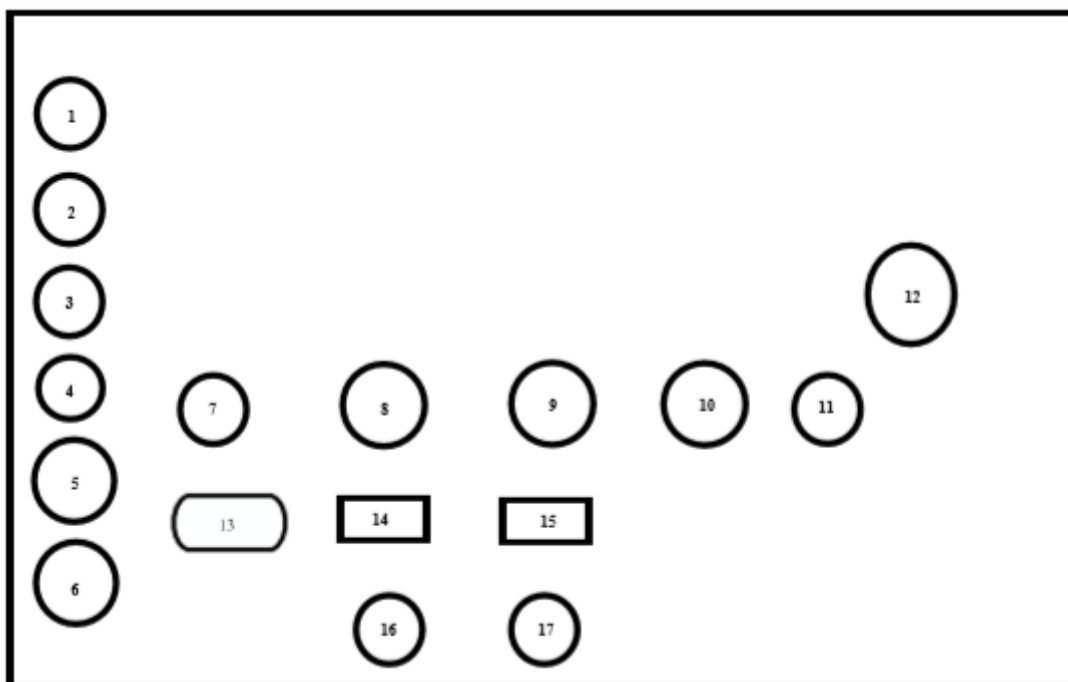
Alat-alat yang ada diobarik diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Jika alat proses yang memiliki suhu maupun tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya. Karena dapat terjadinya ledakan atau kebakaram pada alat tersebut jika tidak diletakan dengan baik.

7. *Maintenance*

Digunakan sebagai sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancer dan produktivitas yang diperoleh tinggi dapat mencapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diinginkan.



Gambar 2. 4 Tata Letak Proses (Skala 1:100)

Keterangan:

- | | |
|--------------|---------------------|
| 1. Tangki-01 | 11. Netralizer-01 |
| 2. Tangki-02 | 12. Evaporator-01 |
| 3. Tangki-03 | 13. Filter press-01 |
| 4. Tangka-04 | 14. Filter press-02 |

- | | |
|----------------|---|
| 5. Silo-01 | 15. <i>Rotary drum Vacuum Filter-01</i> |
| 6. Silo-02 | 16. Bleaching-01 |
| 7. Mixer-01 | 17. Bleaching-02 |
| 8. Reaktor-01 | |
| 9. Reaktor-02 | |
| 10. Reaktor-03 | |