

## BAB 2

### DESKRIPSI PROSES

#### 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

##### 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

a. *Linear alkylbenzene*

Berdasarkan MSDS (2019) hal 4 -5, *Linear Alkylbenzene* memiliki sifat fisika seperti berikut;

- Sifat Fisika

Wujud : Cair

Warna : Bening

Rumus molekul :  $C_{12}H_{25}C_6H_5$

Titik didih : 3,1 °C

Titik beku : -7 °C

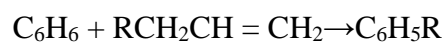
Berat molekul : 246,4 g/mol

Viskositas : 6,3 cP

Densitas : 855,065 kg/m<sup>3</sup>

- Sifat Kimia

- Reaksi linear alkylbenzene:



- Mudah Terbakar
- Beracun

b. *Oleum* 20%

Berdasarkan MSDS (2023) hal 5 - 6, *Oleum* memiliki sifat fisika sebagai berikut:

- Sifat Fisika

Wujud	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
emurnian	: 90%
Rumus molekul	: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$
Titik didih	: 140 °C
Titik beku	: 1 °C
Berat molekul	: 94,5 g/mol
Viskositas	: 25 -30 cP
Densitas	: 1920 kg/m <sup>3</sup>

- Sifat Kimia

- Mudah larut dalam air
- Korosif
- Mudah meledak
- Bahan pengoksidasi yang kuat

## 2.1.2 Spesifikasi Bahan Pembantu

a. Natrium hidroksida

Berdasarkan MSDS, (2019) hal 5, sifat fisika natrium hidroksida yaitu:

- Sifat Fisika

Wujud	: Padat
Warna	: Putih
Kemurnian	: 90%
Rumus molekul	: NaOH

Titik didih : 1390 °C  
Titik leleh : 323 °C  
Berat molekul : 40 g/mol  
Titik beku : 2 °C  
Viskositas : 3,87 cP  
Densitas : 1090,41 kg/m<sup>3</sup>  
Kapasitas Panas : -36,56 kkal/kg °C

- Sifat Kimia
  - Larut dalam air dan beberapa pelarut
  - NaOH dapat bereaksi dengan berbagai senyawa asam untuk membentuk garam.

### 2.1.3 Spesifikasi Produk

#### 2.1.3.1 Produk Utama

a. *Natrium Linear Alkylbenzene Sulfonate*

- Sifat Fisika
  - Wujud : Padat
  - Warna : Putih
  - Kemurnian : 90%
  - Rumus molekul : C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>Na
  - Titik didih : 138 °C
  - Titik leleh : 277°C
  - Berat molekul : 348 g/mol
  - Densitas : 1198,4 kg/m<sup>3</sup>
  - Viskositas : 4,24cP
  - Kapasitas panas : 0,6 kkal/kg °C

- Sifat Kimia
  - Sangat larut dalam air
  - Bersifat sebagai surfaktan, berbusa

(Sumber : laxmi@skgroup.org)

### 2.1.3.2 Produk Samping

#### a. Asam Sulfat

- Sifat Fisika

Wujud : Cair

Kemurnian :98%

Rumus molekul : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Titik didh : 355°C

Berat molekul : 98,08 g/mol

Densitas : 1840 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 26,7Cp

Kapasitas panas : 0,17102 kkal/kg °K

- Sifat Kimia
  - Korosif
  - Sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam

(Sumber : <https://www.sigmaaldrich.com/>)

## 2.2 Konsep Proses

### 2.2.1 Dasar Reaksi Pembentukan LAS

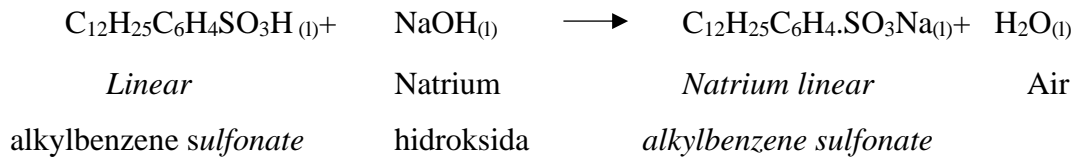
Reaksi pembentukan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* adalah reaksi sulfonasi yang terjadi antara *Linear Alkylbenzene* dan *Oleum* 20% dengan reaksi sebagai berikut:

- Reaksi Sulfonasi



Alkylbenzene      *Oleum*                              *LABSA*                              Asam sulfat

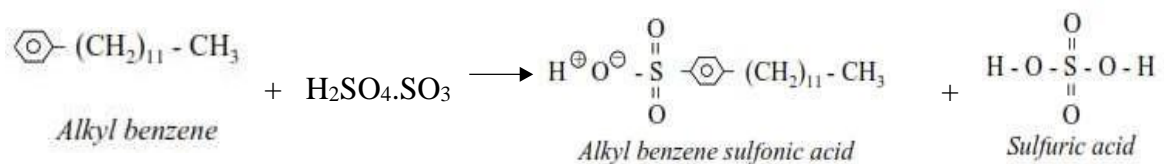
- Reaksi netralisasi



*Oleum* 20% digunakan, dan perbandingan mol alkylbenzene dan *Oleum* 20% adalah 1:1,25. Reaksi terjadi pada tekanan 1 atm dan suhu 50 °C. Tanpa katalis, reaksi terjadi dalam fase cair. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) jenis ini digunakan untuk menjalankan reaksi pada kondisi isothermal. Suhu di dalam reaktor harus tetap konstan pada 50°C dan dilengkapi dengan jaket pendingin. Setelah reaksi bersifat eksotermis atau menghasilkan panas, panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memanaskan Heat Exchanger. Reaksi pembentukan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* adalah reaksi yang tidak dapat dibalik, artinya hasilnya tidak dapat kembali berbentuk reaktan.

### 2.2.2 Mekanisme Reaksi

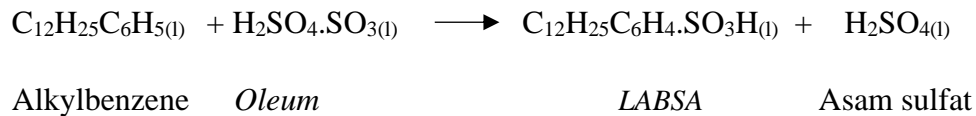
Reaksi substitusi elektrofilik yang dikenal sebagai sulfonasi menghasilkan pembentukan gugus -SO<sub>3</sub>H di dalam molekulnya dengan pereaksi berupa *Oleum*. Atom H akan di Substitusi dengan gugus SO<sub>3</sub>H menggunakan *Oleum* pada molekul organik melalui ikatan kimia pada atom karbonnya. *Oleum* digunakan lebih cepat daripada asam sulfat pekat pada benzene. Jika konsentrasi asam sulfat turun hingga 90 persen, reagen asam sulfat akan berhenti (Putri et al., 2020). Di bawah ini adalah reaksi sulfonasi yang terjadi.



### 2.2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan thermodinamika dilakukan untuk menentukan apakah reaksi yang digunakan memerlukan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis). Mereka juga menentukan apakah reaksi berjalan searah (irreversible) atau bolak balik (reversible). Penemuan thermodinamika ini didasarkan pada panas pembentukan standar pada tekanan 1 atm dan suhu 298K. Reaksi berikut terjadi:

Reaksi sulfonasi:



a. Panas Reaksi ( $\Delta H^\circ_f$ )

- Panas reaksi pada suhu standar ( $T=298\text{K}$ )

$$\Delta H^\circ_f \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25} = -178,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3 = -783,13 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H} = -819,27 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4 = -735,13 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi} = \Delta H^\circ_f \text{Produk} - \Delta H^\circ_f \text{Reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi} = [(-819,27) + (-735,13)] - [(-178,7) + (-783,13)]$$

$$\Delta H^\circ_f \text{Reaksi} = -592,57 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan  $\Delta H^\circ_f$  reaksi diatas dapat diketahui bahwa reaksi sulfonasi pembentukan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* bersifat eksotermis dengan ditunjukkannya nilai yang negatif.

b. Konstanta kesetimbangan (K)

- Nilai K pada kondisi standar ( $T=298\text{K}$ )

Dengan penentuan harga K menggunakan energi bebas Gibbs (Gibbs Heat of Formation)(Yaws, 1999).

$$\Delta G^\circ_f = - RT \cdot \ln K$$

Pada kondisi standar diperoleh data sebagai berikut:

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{12}\text{H}_{25} = 211,79 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3 = -626,214 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na} = -133,26 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = -653,47 \text{ kJ/mol}$$

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

$$\Delta G^\circ_f \text{reaksi} = (-786,73) - (-414,424)$$

$$\Delta G^{\circ} \text{ reaksi} = -372,306 \text{ kJ/mol}$$

$$R = 0,008134 \text{ kJ/mol}$$

Untuk menentukan reaksi merupakan *irreversible* atau *reversible* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan van't hof. Dengan K standar pada suhu 298K

$$\ln K_{298} = - \frac{\Delta G}{RT}$$

$$\ln K_{298} = - \frac{-372,306 \text{ kJ/mol}}{0,008134 \text{ kJ/mol}, K \times 298K}$$

$$\ln K_{298} = 150,270$$

$$K_{298} = e^{-150,27}$$

$$K_{298} = 1,8266 \times 10^{65}$$

- Nilai K pada kondisi operasi (T=50°C =323 K)

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

$$\ln \frac{K_{323}}{K_{298}} = \frac{-(-592,57 \text{ kJ/mol})}{0,008314 \text{ kJ/mol}} \times \left( \frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K_{323}}{K_{298}} = -18,5064$$

$$\frac{K_{323}}{K_{298}} = e^{-18,5064}$$

$$\frac{K_{323}}{K_{298}} = 9,1645 \times 10^{-9}$$

$$K_{323} = (9,1645 \times 10^{-9}) \times (1,8266 \times 10^{65})$$

$$K = 1,6778 \times 10^{57}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh nilai Konstanta Kesetimbangan (K) lebih dari satu, sehingga reaksi cenderung berlangsung searah (*irreversible*) menuju pembentukan produk. Sifat suatu reaksi, apakah berlangsung bolak-balik (*reversibel*) atau searah (*irreversibel*), dapat ditentukan dengan meninjau nilai konstanta kesetimbangannya (K). Konstanta kesetimbangan merupakan perbandingan antara konstanta laju reaksi ke arah kanan

dan ke arah kiri. Reaksi bersifat irreversibel jika nilai K jauh lebih besar dari satu, karena konstanta laju reaksi ke arah kiri sebagai penyebut sangat kecil atau mendekati nol. Sebaliknya, reaksi bersifat reversibel apabila nilai K mendekati satu atau kurang dari satu (Smith, 1981).

#### 2.2.4 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika reaksi ditunjukkan untuk menentukan adanya pengaruh perubahan temperatur terhadap laju reaksi. Tinjauan kinetika pada pembuatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan metode sulfonasi dapat ditinjau melalui persamaan Arrhenius:

Reaksi :

Persamaan Arrhenius

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

Keterangan :	k	= Kecepatan reaksi (m/s)
	A	= Faktor tumbukan (s <sup>-1</sup> )
	Ea	= Energi aktivasi (J/mol)
	R	= Konstanta gas ideal (8,314 J/molK)
	T	= Suhu (K)

Mencari konstanta kecepatan reaksi dengan mengetahui data:

A	= 2217,2 s <sup>-1</sup>
Ea	= 43,290998 kJ/mol
R	= 8,314 J/mol.K
T	= 323°K

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai k sebesar

$$k = 2217,2 \text{ s}^{-1} \times \exp\left(-\frac{43,2909 \text{ J/mol}}{0,008314 \text{ J/mol.K} \times 323^\circ\text{K}}\right)$$

$$k = 2,2080 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

#### 2.3 Langkah Proses

Pada pembuatan *Linear Alkylbenzene sulfonate* dengan bahan baku *Linear Alkylbenzene* dan *Oleum 20%* secara garis besar dapat dibagi menjadi tujuh tahap sebagai berikut.

- 1) Penyiapan Bahan Baku

- 2) Proses Reaksi Sulfonasi
- 3) Proses Pemisahan
- 4) Proses Netralisasi
- 5) Proses Pemurnian
- 6) Proses Pengeringan
- 7) Penyimpanan dan Pengemasan

### 2.3.1 Penyiapan Bahan Baku

#### 1. *Linear Alkyl Benzene*

Bahan Baku *Linear Alkylbenzene* ( $C_{12}H_{25}C_6H_5$ ), yang memiliki peran sebagai bahan baku utama dengan kemurnian mencapai 98,6%, disimpan dalam tangki T-101 dalam bentuk cair. Selanjutnya, senyawa ini dialirkan dari tangki menuju heat exchanger dan reaktor dengan bantuan pompa P-101, di mana tekanan sistem dijaga konstan pada 1 atm. Di dalam heat exchanger, *Linear Alkylbenzene* dipanaskan hingga suhu  $50^{\circ}C$  menggunakan media pemanas berupa steam, sebagai tahap persiapan sebelum memasuki reaktor, guna memastikan proses reaksi berlangsung dalam kondisi yang optimal.

#### 2. *Oleum*

Bahan baku berupa *Oleum* 20%, yang mengandung 80% asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan 20% sulfur trioksida ( $SO_3$ ), disimpan dalam tangki penyimpanan T-102 dalam kondisi fase cair pada suhu  $30^{\circ}C$  dan tekanan atmosfer (1 atm). *Oleum* ini selanjutnya dipompa menggunakan pompa P-102 menuju unit heat exchanger dan reaktor dengan tetap mempertahankan tekanan operasional sebesar 1 atm. Di dalam heat exchanger, *Oleum* mengalami pemanasan hingga mencapai suhu  $50^{\circ}C$  guna meningkatkan efisiensi reaksi yang akan berlangsung di dalam reaktor."

### 2.3.2 Proses Reaksi Sulfonasi

Reaksi yang terjadi dalam reactor yakni sebagai berikut:



*Linear Alkylbenzene* dan *Oleum* 20% sebagai bahan baku utama dialirkan dari unit penyimpanan menuju reaktor R-201. Rasio massa antara larutan *Linear Alkylbenzene* dan *Oleum* 20% dijaga sebesar 1:1,25. Reaktor yang digunakan merupakan jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), yang beroperasi secara

isotermal pada suhu 50°C dan tekanan atmosfer (1 atm). Karena reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis, sistem pendinginan diperlukan untuk menjaga kestabilan suhu reaksi. Pada tahap prarancangan ini, sistem pendinginan yang diterapkan menggunakan jaket pendingin dengan media cooling water bersuhu masuk 30°C. Produk hasil reaksi yang keluar dari reaktor berupa campuran *Linear Alkylbenzene sulfonic acid*, sisa linear alkylbenzene, kelebihan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, serta sedikit air (Groggins, 1958).

### 2.3.3 Proses Pemisahan

Campuran antara *Linear Alkylbenzene sulfonic acid* dan asam sulfat yang keluar dari reaktor R-01 selanjutnya dialirkan ke unit dekanter (D-01) untuk dilakukan pemisahan berdasarkan perbedaan densitasnya. *Linear Alkylbenzene sulfonic acid* yang memiliki densitas lebih rendah akan berada pada lapisan atas, sedangkan asam sulfat dengan densitas lebih tinggi akan terkumpul di lapisan bawah. Fase bawah yang berupa asam sulfat kemudian dipompa menggunakan pompa P-104 menuju cooler (CL-101) untuk menurunkan suhunya hingga mencapai 30°C. Setelah didinginkan, asam sulfat tersebut dialirkan menggunakan pompa P-106 ke tangki penyimpanan T-104 untuk menjadi produk samping. Sementara itu, fase atas berupa *Linear Alkylbenzene sulfonic acid* dipompa dengan pompa P-105 menuju unit netralisasi (N-401) untuk proses penetralan kandungan asamnya (Groggins, 1958).

### 2.3.4 Proses Netralisasi

*Linear Alkylbenzene sulfonic acid* yang telah dipisahkan dari dekanter kemudian dialirkan ke unit netralisasi (N-401), di mana dilakukan proses penetralan dengan penambahan larutan NaOH 20%. Proses netralisasi ini berlangsung pada suhu operasi sebesar 50°C. Setelah proses penetralan selesai dan kandungan asam telah dinetralkan, produk berupa *Linear Alkylbenzene sulfonat* dipompa menggunakan pompa P-107 menuju unit evaporator untuk dilakukan pemekatan (Groggins, 1958).

### 2.3.5 Proses Pemurnian

Proses pemekatan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dilakukan di dalam evaporator (EV-501) melalui penguapan kandungan airnya. Dalam unit ini, konsentrasi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* meningkat dari 79% menjadi 90%, dengan suhu operasi mencapai 100°C. Setelah proses pemekatan selesai, produk yang keluar dari evaporator dipompa menggunakan pompa

P-109 menuju spray dryer untuk menjalani proses pengeringan dan pembentukan produk dalam bentuk bubuk (Groggins, 1958).

### **2.3.6 Proses Pengeringan**

Dalam tahap pengeringan, *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang berasal dari evaporator dipompa menggunakan high pressure pump (HP-101) menuju bagian atas spray dryer (SD-601). Di dalam spray dryer, cairan disemprotkan melalui nozzle di bagian atas, sementara udara panas bersuhu 200°C yang dihasilkan dari furnace dialirkan dari bagian bawah secara berlawanan arah. Kombinasi ini memungkinkan proses pengeringan berlangsung dengan cepat, sehingga menghasilkan partikel bubuk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang mengendap di bagian bawah spray dryer. Uap panas yang terbentuk selama proses ini kemudian dialirkan ke unit filter (F-101) untuk menyaring sisa partikel, sebelum dilepaskan ke udara bebas. Bubuk LAS yang ikut terbawa uap akan ditangkap dan dikumpulkan di dalam silo (SL-101).

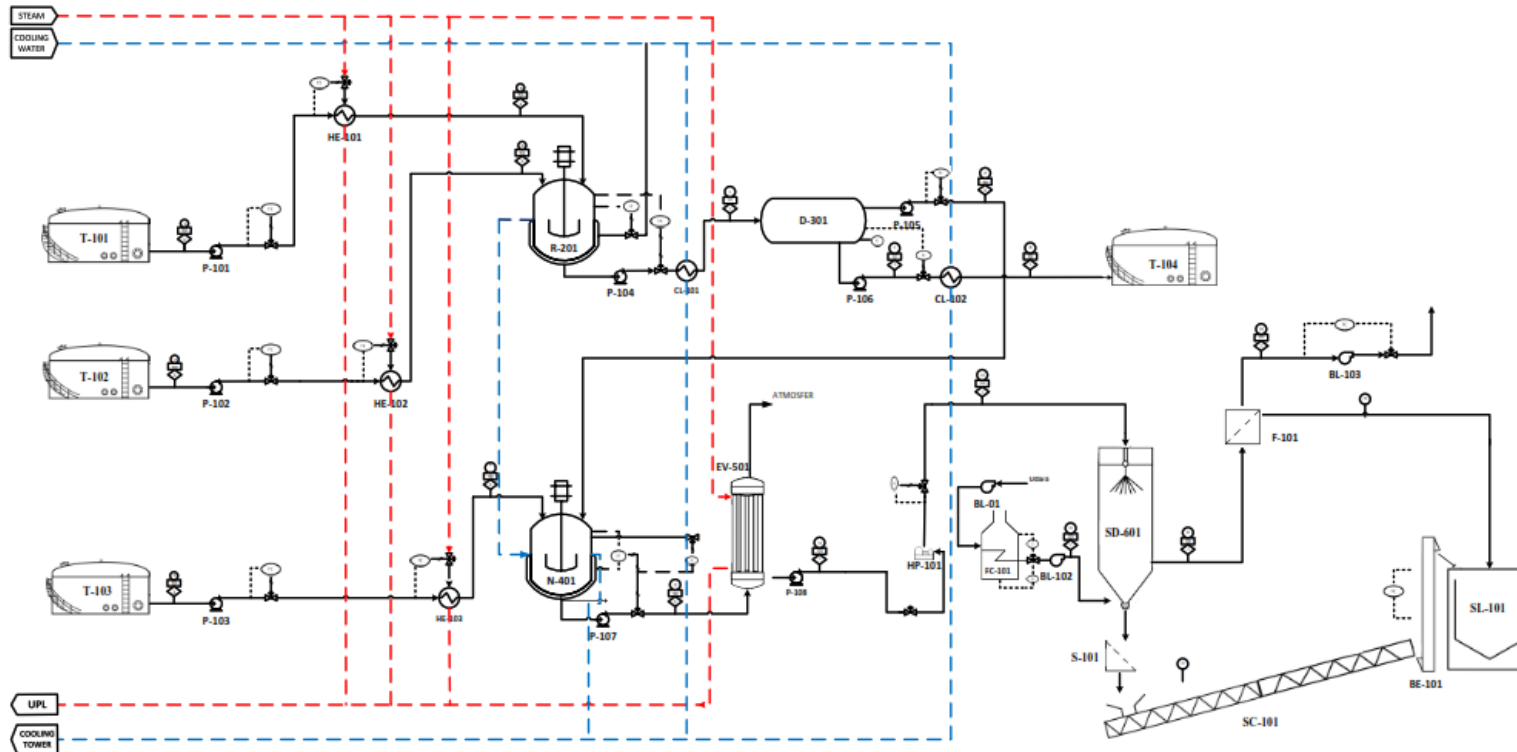
### **2.3.7 Penyimpanan dan Pengemasan**


Produk bubuk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* yang dihasilkan dari spray dryer (SD-601) selanjutnya dipindahkan ke silo menggunakan screw conveyer (SC-101) sebagai tempat penyimpanan sementara. Setelah itu, bubuk *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dialirkan ke dalam mesin pengemas (bagging machine/BG-101) untuk menjalani proses pengemasan.

## 2.4 Diagram Alir

### 2.4.1 Diagram Alir Proses

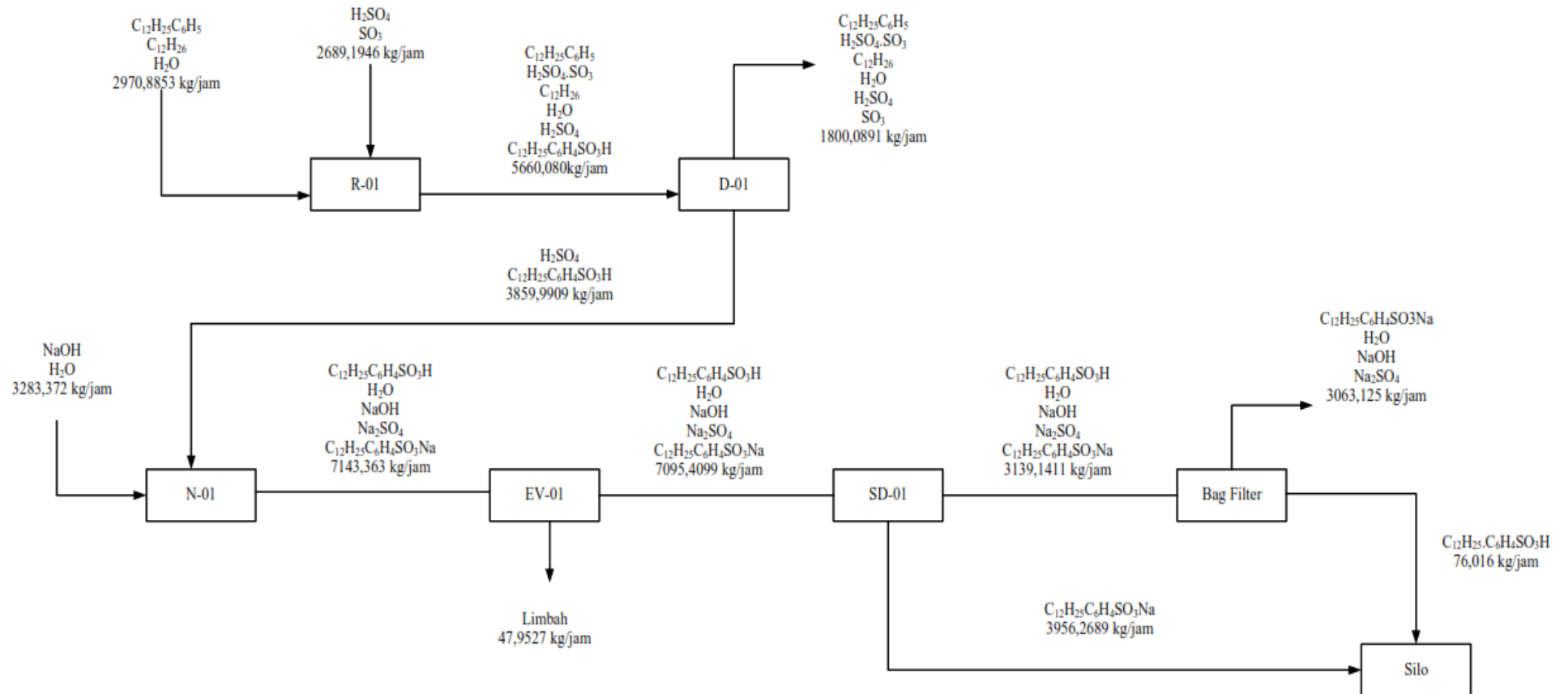
#### PRARANCANG PABRIK *LINEAR ALKYL*BENZENE SULFONATE POWDER DENGAN OLEUM 20% KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



	PROGRAM STUDI S.T. TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG 50225		
	DIAGRAM ALIR (FLOW SHEET) PABRIK <i>LINEAR ALKYL</i> BENZENE SULFONATE POWDER DENGAN OLEUM 20% KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN		
Dibuat/kan Oleh	1. Widha Kurnia Ramadhani 2. Akbar Rizki Perdhanyak	NIM 40040121059101 NIM 40040121059103	
Dosen Pembimbing	Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., S.E.M., I.P.M., ASEAN Eng. NIP. 196042202009011001		
<b>KETERANGAN:</b>			
BE-101	Bedak Elevator	.....	Pipe
CL-101	Condenser	—	Utility Taken
CL-102	Condenser	—	Utility Given
CL-103	Condenser	—	Control Valve
EV-101	Evaporator	⊗	Normal Valve
EV-102	Evaporator	⊗	Normal Valve
FC-101	Filter	⊗	Normal Valve
FC-102	Filter	⊗	Normal Valve
FC-103	Filter	⊗	Normal Valve
HE-101	Heater H	⊗	Normal Valve
HE-102	Heater H	⊗	Normal Valve
HE-103	Heater H	⊗	Normal Valve
N-101	Normalizer	⊗	Normal Valve
CH-101	Control Valve	⊗	Normal Valve
ST-101	Storage Tank	⊗	Normal Valve
HP-101	High Pressure Pump	⊗	Normal Valve
SD-401	Spray Dryer	⊗	Normal Valve
SL-101	Storage	⊗	Normal Valve
SC-101	Screw Conveyor	⊗	Normal Valve
R-101	Reboiler	⊗	Normal Valve
P-101	Pump	⊗	Normal Valve
P-102	Pump	⊗	Normal Valve
P-103	Pump	⊗	Normal Valve
P-104	Pump	⊗	Normal Valve
P-105	Pump	⊗	Normal Valve
P-106	Pump	⊗	Normal Valve
P-107	Pump	⊗	Normal Valve
P-108	Pump	⊗	Normal Valve
P-109	Pump	⊗	Normal Valve
P-110	Pump	⊗	Normal Valve
T-101	Tangki Linear alkylbenzene	⊗	Normal Valve
T-102	Tangki Oleum 20%	⊗	Normal Valve
T-103	Tangki NaOH 20%	⊗	Normal Valve
T-104	Tangki H <sub>2</sub> O	⊗	Normal Valve

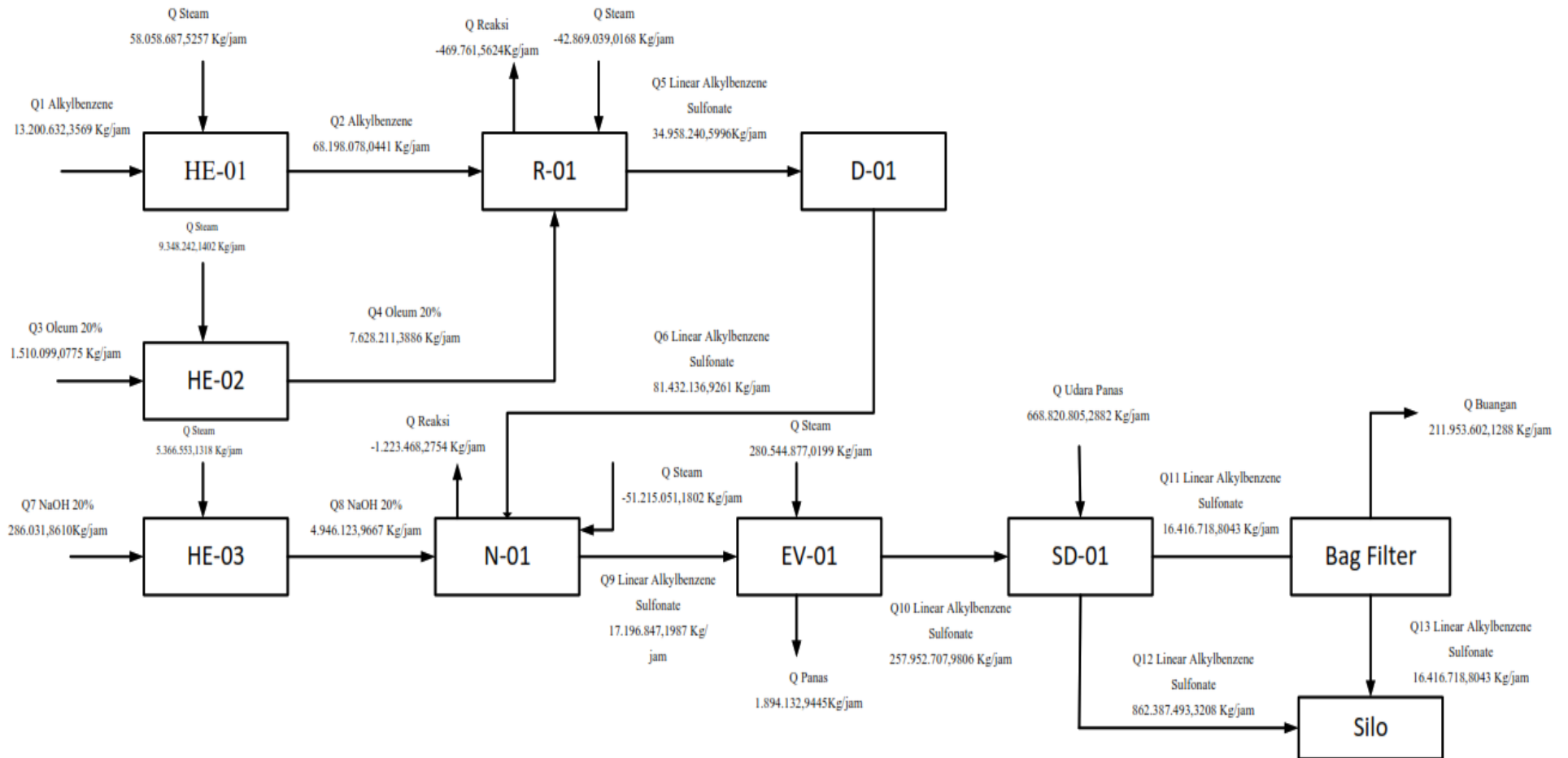
SKALA 1 : 500

## 2.4.2 Diagram Alir Neraca Massa



Gambar 2. 2 Diagram Alir Neraca Massa

### 2.4.3 Diagram Alir Neraca Panas

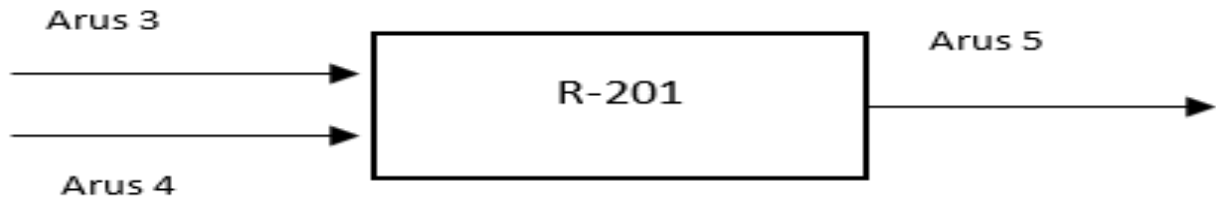


Gambar 2. 3 Diagram Alir Neraca Pamas

## 2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

### 2.5.1 Neraca Massa

#### a. Neraca Massa Reaktor (R-201)



Keterangan :

Arus 3 : Aliran umpan dari *Linear Alkylbenzene* tank

Arus 4 : Aliran umpan dari *Oleum 20%*

Arus 5 : Aliran output reaktor

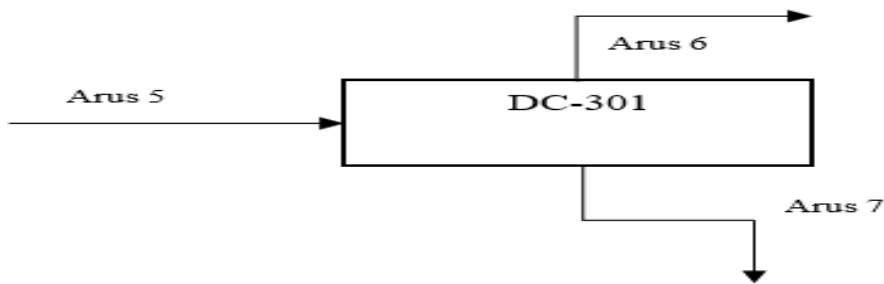
Input = Output

Arus 3 + Arus 4 = Arus 5

Tabel 2. 1 Neraca Massa pada Reaktor (R-201)

Komponen	Input (kg)		Output (kg)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
$C_6H_5.C_{12}H_{25(l)}$	2926,322		29,263
$C_{12}H_{26(l)}$	14,854		14,854
$H_2O_{(l)}$	29,709		29,709
$H_2SO_{4(l)}$		2151,356	1154,113
$SO_{3(l)}$		537,839	
$H_2SO_4.SO_{3(l)}$			529,949
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3H_{(l)}$			3839,192
Jumlah	2970,885	2689,195	5660,080
	<b>5.660,080</b>		<b>5.660,080</b>

b. Neraca Massa Decanter (D-01)



Keterangan :

Arus 5 : Aliran umpan dari reaktor

Arus 6 : Aliran output berupa *Linear Alkylbenzene sulfonic acid*

Arus 7 : Aliran output berupa Asam Sulfat

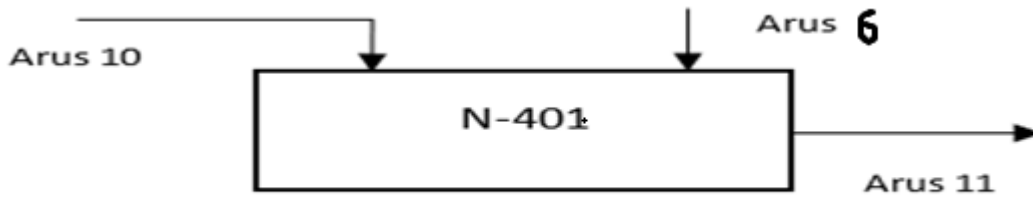
Input = Output

Arus 5 = Arus 6 + Arus 7

Tabel 2. 2 Neraca Massa pada Decanter (DC-301)

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 6	Arus 7
H <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>	1154,113	57,7056	1096,407	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .SO <sub>3(l)</sub>	592,949		529,949	
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	29,7089	1,4854	28,223	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>(l)</sub>	3839,1918	3800,7999	38,392	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> .C <sub>12</sub> H <sub>25(l)</sub>	29,2632		29,263	
C <sub>12</sub> H <sub>26(l)</sub>	14,8544		14,854	
Jumlah	5660,080	3859,9909	1800,0891	
	<b>5.660,08</b>		<b>5.660,08</b>	

c. Neraca Massa Netralizer



Keterangan :

Arus 6 : Aliran umpan dari decanter

Arus 10 : Aliran umpan dari tangka NaOH

Arus 11 : Aliran umpan keluar netralizer

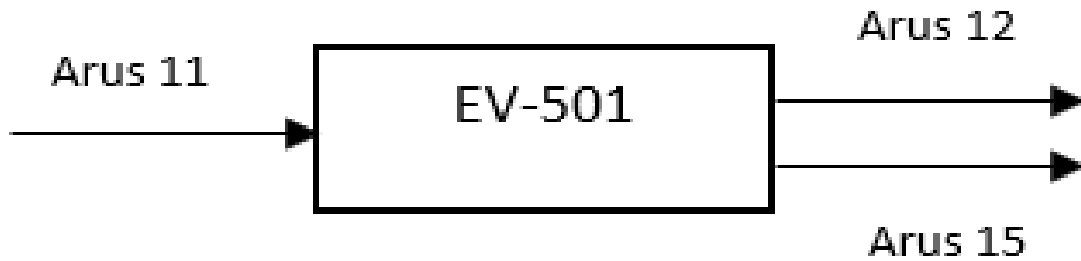
Input = Output

Arus 6 + Arus 10 = Arus 11

Tabel 2. 3 Neraca Massa pada Netralizer

Komponen	Input (kg)		Output (kg)
	Arus 6	Arus 10	Arus 11
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(l)}$	3.800,800		76,016
$H_2SO_{4(l)}$	57,706		
$H_2O_{(l)}$	1,485	2626,697	228,346
$NaOH_{(l)}$		656,674	2779,236
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3Na_{(l)}$			3.976,150
$Na_2SO_{4(l)}$			83,614
Jumlah	3.859,991	3283,372	7.143,363
	<b>7.143,363</b>		<b>7.143,363</b>

d. Neraca Massa Evaporator



Keterangan :

Arus 11 : Aliran masuk dari netralizer

Arus 12 : Aliran keluar evaporator menuju limbah

Arus 15 : Aliran keluar evaporator menuju tangki penyimpanan

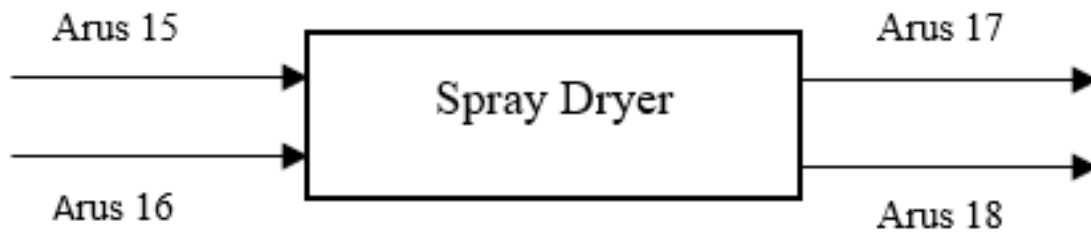
Output = Input

Arus 11 = Arus 12 + Arus 15

Tabel 2. 4 Neraca Massa pada Evaporator

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 12	Arus 15
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(l)}$	76,0160			76,0160
$H_2O_{(l)}$	228,3463	47,9527		180,3936
$NaOH_{(l)}$	2779,2364			2779,2364
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3Na_{(l)}$	3.976,1496			3.976,1496
$Na_2SO_{4(l)}$	83,6143			83,6143
Jumlah	7.143,36268	47,9527	47,9527	7.095,4099
	<b>7.143,36</b>		<b>7.143,36</b>	

e. Neraca Massa Spray Dryer



Keterangan :

Arus 15 : Aliran masuk dari evaporator

Arus 16 : Aliran masuk udara panas

Arus 17 : Aliran keluar spray dryer menuju screw conveyer

Arus 18 : Aliran keluar spray dryer menuju filter

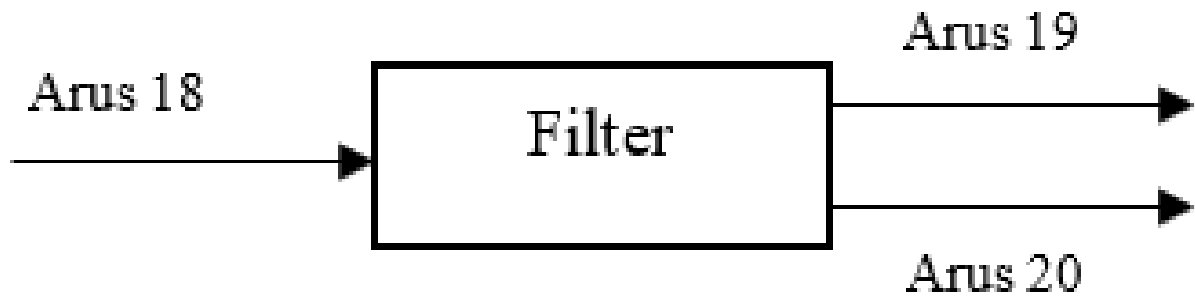
Output = Input

Arus 15 + 16 = Arus 17 + Arus 18

Tabel 2. 5 Neraca Massa pada Spray Dryer

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(s)}$	76,0160			76,0160
$H_2O_{(g)}$	180,3936			180,3936
$NaOH_{(l)}$	2779,2364			2779,2364
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na_{(s)}$	3.976,1496		3.956,2689	19,8807
$Na_2SO_{4(l)}$	83,6143			83,6143
Jumlah	7.095,409947		3.956,2689	3139,1411
	<b>7.095,41</b>			<b>7.095,41</b>

f. Neraca Massa Bag Filter



Keterangan :

Arus 18 : Aliran masuk dari spray dryer

Arus 19 : Aliran keluar menuju silo

Arus 20 : Aliran keluar menuju udara bebas

Input = Output

Arus 18 = Arus 19 + Arus 20

Tabel 2. 6 Neraca Massa pada Bag Filter

Komponen	Input (kg)		Output (kg)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 19	Arus 20
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(s)}$	76,0160	76,0160		
$H_2O_{(g)}$	180,394			180,394
$NaOH_{(l)}$	2779,236			2779,236
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3Na_{(s)}$	19,881			19,881
$Na_2SO_{4(i)}$	83,614			83,614
Jumlah	3.139,141	76,0160	76,0160	3.063,125
	<b>3.139,141</b>		<b>3.139,141</b>	

g. Neraca Massa Overall

Tabel 2. 7 Neraca Massa Overall

Komponen	Input (Kg)	Output(Kg)
		Produk Utama Produk Samping
<b>Reaktor</b>		
$C_6H_5.C_{12}H_{25(l)}$	2926,322	29,263
$C_{12}H_{26(l)}$	14,854	14,854
$H_2O_{(l)}$	29,709	29,709
$H_2SO_{4(l)}$	2151,119	1154,113
$SO_{3(l)}$	537,839	
$H_2SO_4.SO_{3(l)}$		592,949
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3H_{(l)}$		3.839,192
<b>Decanter</b>		
$H_2SO_{4(l)}$	1154,113	1154,11
$H_2SO_4.SO_{3(l)}$	592,949	592,949
$H_2O_{(l)}$	29,709	29,709
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(l)}$	3.839,192	3.839,192
$C_6H_5.C_{12}H_{25(l)}$	29,263	29,263
$C_{12}H_{26(l)}$	14,854	14,854
<b>Netralizer</b>		
$C_{12}H_{25}.C_6H_4SO_3H_{(l)}$	3.800,800	76,016
$H_2SO_{4(l)}$	57,706	
$H_2O_{(l)}$	2628,183	228,346
$NaOH_{(l)}$	656,674	2779,236
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3Na_{(l)}$		3.976,150
$Na_2SO_{4(l)}$		83,614

<b>Evaporator</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub> H <sub>(l)</sub>	76,0160	76,0160	
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	228,346	228,346	
NaOH <sub>(l)</sub>	2779,236	2779,236	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub> Na <sub>(l)</sub>	3.976,150	3.976,150	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>	83,614	83,614	
<b>Spray Dryer</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub> H <sub>(s)</sub>	76,016	76,016	
H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	180,394	180,394	
NaOH <sub>(l)</sub>	2779,236	2779,236	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na <sub>(s)</sub>	3.976,150	3.976,150	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4(s)</sub>	83,614	83,614	
<b>Bag Filter</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>(s)</sub>	76,016	76,016	
H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	180,394	180,394	
NaOH <sub>(l)</sub>	2779,236	2779,236	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na <sub>(s)</sub>	19,881	19,881	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4(s)</sub>	83,614	83,614	
	35841,436	34687,323	1154,113
Jumlah	<b>35.841,436</b>	<b>35.841,436</b>	

$$\% \text{ Kehilangan Massa} = \frac{\text{Produk Samping}}{\text{Total input}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kehilangan Massa} = \frac{1.154,113}{35.841,436} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kehilangan Massa} = 3,22 \%$$

$$\% \text{ Efisiensi Overall} = 100\% - \% \text{ kehilangan massa}$$

$$\% \text{ Efisiensi overall} = 100\% - 3,22 \%$$

$$\% \text{ Efisiensi Overall} = 96,78 \%$$

## 2.5.2 Neraca Panas

### a. Neraca panas Heat Exchanger (HE-101)

Tabel 2. 8 Neraca Panas Pada Heat Exchanger (HE-101)

Komponen	Input	Output
	Q1	Q3
$C_6H_5C_{12}H_{25(l)}$	13.200.632.3569	68.198.078,0441
$C_{12}H_{26(l)}$	28.041,3022	141.621,0843
$H_2O_{(l)}$	11.214,6875	55.942,3676
Qsteam	58.058.687.5257	
Qloss		2.902.934,3763
<b>Total</b>	<b>71.298.575,8723</b>	<b>71.298.575,8723</b>
Kebutuhan total steam/pemanas adalah		29.761,4761

### b. Neraca panas Heat Exchanger (HE- 102)

Tabel 2. 9 Neraca Panas Pada Heat Exchanger (HE-102)

Komponen	Input	Output
	Q2	Q4
$H_2SO_{4(l)}$	1.510.099,0775	7.628.211,3866
$SO_{3(l)}$	694.368,0350	3.491.285,7591
Qsteam	9.384.242,1402	
Qloss		469.212,1070
<b>Total</b>	<b>11.588.709,2527</b>	<b>11.588.709,2527</b>
Kebutuhan total steam/pemanas adalah		4.810,4583

c. Neraca panas Reaktor

Tabel 2. 10 Neraca Panas pada Reaktor

Komponen	Input		Output
	Q3	Q4	Q5
$C_6H_5C_{12}H_{25(l)}$	68.198.078,0441		289.841,8317
$C_{12}H_{26(l)}$	141.621,0843		60.188,9608
$H_2O_{(l)}$	55.942,3676		23.775,5062
$H_2SO_{4(l)}$		7.628.211,3866	1.739.192,6934
$SO_{3(l)}$		3.491285,7591	
$H_2SO_4.SO_{3(l)}$			44.621,5956
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3H_{(l)}$			34.958.240,5996
Qrx			-469.761,5624
Qcw	-42.869.039,0168		
Total	25.526.602,4792	11.119.497,1457	36.649.099,6249
	36.649.099,6249		
Kebutuhan total massa air pendingin adalah			512.297,3114

d. Neraca panas Decanter

Tabel 2. 11 Neraca Panas Pada Decanter

Komponen	Input		Output
	Q5	Q6	Q7
$H_2SO_{4(l)}$	4.092.218,1020	3.887.607,1969	204.610,9051
$H_2SO_4.SO_{3(l)}$	38.491,6457	38.491,6457	
$H_2O_{(l)}$	55.942,3676	53.145,2492	2.797,1184
$C_{12}H_{25}C_6H_4.SO_3H_{(l)}$	82.254.683,7637	822.546,8376	81.432.136,9261
$C_6H_5C_{12}H_{25(l)}$	681.980,7804	681.980,7804	
$C_{12}H_{26(l)}$	141.621,0843	141.621,0843	
Total	87.264.937,438	5.625.392,7942	81.639.544,9496
		87.264.937,438	

e. Neraca panas Heat Exchanger (HE-103)

Tabel 2. 12 Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-103)

Komponen	Input		Output
	Q9	Q10	Q10
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	991.542,4933		4.946.123,9667
NaOH <sub>(l)</sub>	19.723,8610		1.429.675,8628
Qsteam	5.366.553,1318		
Qloss			268.327,6566
<b>Total</b>	<b>6.644.127,4861</b>		<b>6.644.127,4861</b>
Kebutuhan total steam/pemanas adalah			2.750,9499

f. Neraca panas Netralizer

Tabel 2. 13 Neraca Panas pada Netralizer

Komponen	Input		Output
	Q7	Q10	Q11
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>(l)</sub>	81.432.136,9261		692.173,1639
H <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>	204.610,9051		
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	2.797,1184	4.946.123,9667	230.963,4945
NaOH <sub>(l)</sub>		1.429.675,8628	355.051,4485
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na <sub>(l)</sub>			36.543.300,2973
Na <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>			202.273,4701
Qrx			-1.223.468,2754
Qcw	-51.215.051,1802		
<b>Total</b>	<b>30.424.493,7694</b>	<b>6.375.799,8295</b>	<b>36.800.293,5989</b>
			36.800.293,5989
Kebutuhan total massa iar pendingin adalah			-612.034,5504

g. Neraca panas Evaporator

Tabel 2. 14 Neraca Panas pada Evaporator

Komponen	Input		Output
	Q11	Q12	Q14
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H_{(l)}$	325.728,5477		4.885.928,2156
$H_2O_{(l)}$	86.197,6361	121.763,5082	1.017.968,0321
$NaOH_{(l)}$	1.210.569,8378		18.136.240,0799
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na_{(l)}$	17.196.847,1987		257.952.707,9806
$Na_2SO_{4(l)}$	95.297,8607		1.423.533,4889
Qlv			1.894.132,9445
Qs	280.544.877,0199		
Qloss			14.027.243,8510
Total	299.459.518,1009	121.763,5082	299.337.754,5926
		299.459.518,1009	

h. Neraca panas Spray Dryer

Tabel 2. 15 Neraca panas pada Spray Dryer

Komponen	Input		Output
	Q15	Q17	Q18
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H_{(s)}$	4.885.928,2156		16.416.718,8043
$H_2O_{(g)}$	1.017.968,0321		3.656.087,9144
$NaOH_{(l)}$	18.136.240,0799		60.715.729,3383
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na_{(s)}$	257.952.707,9806	862.387.493,3208	4.333.605,4941
$Na_2SO_{4(l)}$	1.423.533,4889		4.727.548,2134
Qudara	668.820.805,2882		
Total	952.237.183,0853	862.387.493,3208	89.849.689,7644
		952.237.183,0853	

i. Neraca Panas Bag Filter

Tabel 2. 16 Neraca Panas pada Bag Filter

Komponen	Input		Output
	Q18	Q19	Q20
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H_{(s)}$	16.416.718,8043	16.416.718,8043	
$H_2O_{(g)}$	3.656.087,9144		3.656.087,9144
$NaOH_{(l)}$	60.715.729,3383		60.715.729,3383
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na_{(s)}$	4.333.605,4941		4.333.605,4941
$Na_2SO_{4(l)}$	4.727.548,2134		4.727.548,2134
Total	89.849.689,7644	16.416.718,8043	73.432.970,9601
		89.849.689,7644	

j. Neraca panas Overall

Tabel 2. 17 Neraca panas Overall

Komponen	Input	Output
<b>Heat Exchanger-101</b>		
$C_6H_5.C_{12}H_{25}$	13.200.632,3569	68.198.078,0441
$C_{12}H_{26}$	28.041,3022	141.621,0843
$H_2O$	11.214,6875	55.942,3676
Qsteam	58.058.687,5257	
Qloss		2.902.934,3763
<b>Heat Exchanger-102</b>		
$H_2SO_4$	1.510.099,0775	7.628.211,3866
$SO_3$	694.368,0350	3.491.285,7591
Qsteam	9.384.242,1402	
Qloss		469.212,1070
<b>Heat Exchanger-103</b>		
$H_2O$	991.542,4933	4.946.123,9667
$NaOH$	286.031,8610	1.429.675,8628
Qsteam	5.366.553,1318	
Qloss		268.327,6566

<b>Reaktor -201</b>			
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> .C <sub>12</sub> H <sub>25</sub>	68.198.078,0441	289.841,8317	
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	141.621,0843	60.188,9608	
H <sub>2</sub> O	55.942,3676	23.775,5062	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7.628.211,3866	1.739.192,6934	
SO <sub>3</sub>	3.491.285,7591		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub> (l)		44.621,5956	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub> H(l)		34.958.240,5996	
Q <sub>rx</sub>		-469.761,5624	
Q <sub>cw</sub>	-42.869.039,0168		
<b>Decanter -301</b>			
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.092.218,1020	204.610,9051	3.887.607,1969
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .SO <sub>3</sub>	38.491,6457		38.491,6457
H <sub>2</sub> O	55.942,3676	2.797,1184	53.145,2492
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H	82.254.683,7637	81.432.136,9261	822.546,8376
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> .C <sub>12</sub> H <sub>25</sub>	681.980,7804		681.980,7804
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	141.621,0843		141.621,0843
<b>Netralizer-401</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H	81.432.136,9261	692.173,1639	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	204.610,9051		
H <sub>2</sub> O	4.948.921,0851	230.963,4945	
NaOH	1.429.675,8628	355.051,4485	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na		36.543.300,2973	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		202.273,4701	
Q <sub>rx</sub>		-1.223.468,2754	
Q <sub>cw</sub>	-51.215.051,1802		
<b>Evaporator-501</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H	325.728,5477	4.885.928,2156	
H <sub>2</sub> O	86.197,6361	1.017.968,0321	121.763,5082
NaOH	1.210.569,8378	18.136.240,0799	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na	17.196.847,1987	257.952.707,9806	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	95.297,8607	1.423.533,4889	
Q <sub>lv</sub>	0,0000	1.894.132,9445	
Q <sub>s</sub>	280.544.877,0199	0,0000	
Q <sub>loss</sub>	0,0000	14.027.243,8510	
<b>Spray Dryer - 601</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H	4.885.928,2156		16.416.718,8043
H <sub>2</sub> O	1.017.968,0321		3.656.087,9144
NaOH	18.136.240,0799		60.715.729,3383
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na	257.952.707,9806	862.387.493,3208	4.333.605,4941
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.423.533,4889		4.727.548,2134
Q <sub>dara</sub>	668.820.805,2882		

<b>Bagging Filter -101</b>			
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> H	16.416.718,8043		16.416.718,8043
H <sub>2</sub> O	3.656.087,9144	3.656.087,9144	
NaOH	60.715.729,3383	60.715.729,3383	
C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> .C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> Na	4.333.605,4941	4.333.605,4941	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.727.548,2134	4.727.548,2134	
<b>Sub Total</b>	<b>1.591.789.134,5292</b>	<b>1.479.775.569,6581</b>	<b>112.013.564,8712</b>
<b>Total</b>	<b>1.591.789.134,5292</b>	<b>1.591.789.134,5292</b>	

Total Panas yang hilang (Qloss) 17.667.717,9909 kJ

Perhitungan efisiensi neraca panas

$$\begin{aligned} \% \text{ Kehilangan Panas} &= \frac{\text{Qloss}}{\text{Total Panas}} \times 100\% \\ &= 1,1099\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi overall} &= 100\% - \% \text{ Kehilangan Panas} \\ &= 98,8901\% \end{aligned}$$

## 2.6 Tata letak Pabrik dan Peralatan

### 2.6.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah cara pengaturan fasilitas-fasilitas produksi di dalam suatu area industri yang akan berdampak langsung pada efisiensi proses produksi melalui penempatan mesin serta fasilitas pendukung lainnya. Tata letak yang dirancang dengan baik akan memengaruhi kelancaran dan kesuksesan operasional pabrik. Dalam menentukan tata letak ini, sejumlah aspek penting harus diperhitungkan, seperti jaminan keselamatan, keamanan, dan kenyamanan bagi pekerja. Selain itu, keberadaan fasilitas tambahan seperti kantor, laboratorium, tempat ibadah, pos jaga, dan lainnya juga perlu diperhatikan. Tata letak mencakup area kerja karyawan, lokasi peralatan produksi, serta tempat penyimpanan bahan baku dan bahan pendukung lainnya yang sebaiknya ditempatkan secara efisien, terutama dengan mempertimbangkan lalu lintas barang, aspek keselamatan, penghematan biaya, serta kemudahan pengawasan. Hal-hal yang menjadi fokus dalam penyusunan tata letak pabrik antara lain:

1. Rencana ekspansi dan penambahan bangunan

Pabrik sebaiknya dirancang dengan mempertimbangkan kemungkinan perluasan lahan, pembangunan gedung baru, peningkatan kapasitas produksi, atau pengolahan jenis produk

yang berbeda. Perencanaan ini penting agar tidak menimbulkan kendala kebutuhan lahan di masa depan.

## 2. Aspek keamanan

Pemetaan zona tertentu dan pengaturan jarak antar bangunan sangat krusial dalam perancangan tata letak. Keselamatan kerja harus menjadi prioritas utama, terutama dalam menghadapi risiko kebakaran, ledakan, atau potensi bahaya lainnya.

## 3. Pemanfaatan luas lahan

Penggunaan area harus disesuaikan dengan ketersediaan lahan, mengingat harga tanah yang tinggi bisa menjadi kendala. Oleh karena itu, efisiensi ruang sangat dibutuhkan, misalnya dengan membangun ruangan bertingkat guna menghemat tempat.

## 4. Instalasi dan fasilitas utilitas

Penempatan instalasi yang tepat akan menunjang kenyamanan serta kemudahan kerja bagi karyawan. Sistem distribusi media seperti padatan, gas, cairan, uap, dan listrik harus terorganisasi dengan baik agar proses perawatan dan pengoperasian menjadi lebih mudah dan efektif.

## 5. Pengelolaan limbah

Pembuangan limbah harus diawasi secara berkala guna memastikan bahwa limbah yang dibuang telah memenuhi standar lingkungan dan tidak mengandung zat berbahaya. Oleh sebab itu, pembangunan unit pengolahan limbah menjadi hal yang sangat penting agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

## 6. Pengaturan jarak antarfasilitas

Penempatan peralatan produksi harus mempertimbangkan jarak yang sesuai untuk menunjang kenyamanan dan keselamatan kerja, serta meminimalkan risiko bahaya. Pengaturan aliran bahan padat, cair, dan gas dalam fasilitas produksi harus mengikuti regulasi yang berlaku.

### **2.6.2 Tata Letak Peralatan**

*Lay out* pabrik merupakan penyusunan fasilitas fisik seperti mesin, alat-alat, *furniture*, dan yang lainnya yang ada didalam pabrik yang nantinya akan

mempengaruhi kelancaran proses produksi. *Lay out* pabrik juga merupakan faktor penting bagi segi ekonomi maupun keselamatan proses di dalam pabrik. Secara garis besar, *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapadaerah utama, yaitu:

1. Daerah adminitrasi, laboratorium, dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari:

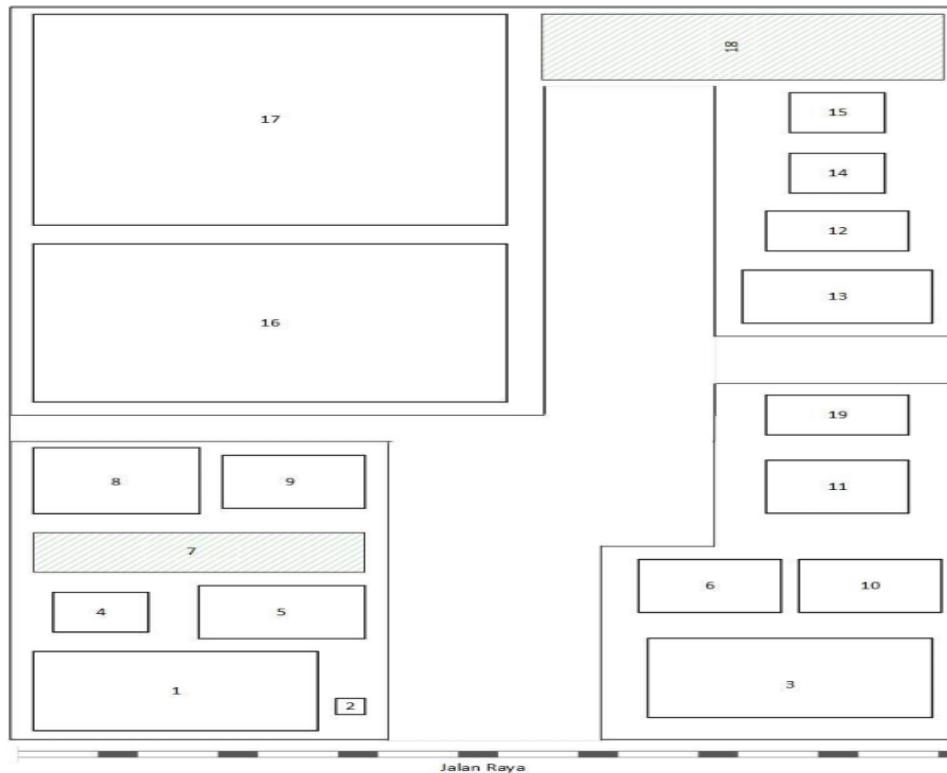
- Laboratorium, bertujuan sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- Fasilitas pendukung, merupakan fasilitas yang diberikan untuk karyawan seperti kantin, masjid, aula, poliklinik dan mess.

2. Daerah proses, ruang kontrol, dan perluasan

Daerah ini merupakan lokasi dimana alat-alat proses diletakkan untuk produksi dan perluasannya. Ruang kontrol digunakan sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah utilitas dan *power stasion*

Daerah ini merupakan lokasi pusat penyediaan air, steam, air pendingin, dan penyediaantenaga listrik untuk menunjang keberlangsungan proses.



Skala 1 : 1.000

Gambar 2. 4 Tata letak Pabrik

Keterangan :

- |     |                     |     |                          |
|-----|---------------------|-----|--------------------------|
| 1.  | : Kantor Utama      | 11. | : Unit pemadam kebakaran |
| 2.  | : Pos Keamanan      | 12. | : Ruang Konrol Proses    |
| 3.  | : Parkir Utama      | 13. | : Mess Karyawan          |
| 4.  | : Kantin            | 14. | : Fire & Safety          |
| 5.  | : Poliklinik        | 15. | : Ruang Kontrol Utilitas |
| 6.  | : Masjid            | 16. | : Utilitas               |
| 7.  | : Taman             | 17. | : Area Proses            |
| 8.  | : Laboratorium      | 18. | : Taman                  |
| 9.  | : Area Pengembangan | 19. | : Bengkel                |
| 10. | : Perkantoran       |     |                          |

Tabel 2. 18 Perincian Penggunaan Tanah Bangunan

No	Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Satpam	40
2	Poliklinik	300
3	Masjid	700
4	Taman	400
5	Kantin	500
6	Laboratorium	1.000
7	Parkir	1.900
8	Perkantoran	3.500
9	Daerah Proses	9.800
10	Mess Karyawan	2.000
11	Fire & Safety	500
12	Ruang Kontrol Proses	700
13	Ruang Kontrol Utilitas	700
14	Area Pengembangan	4.500
15	Bengkel	600
16	Utilitas	9.000
	Total Luas Bangunan	36.140
	Total Luas Tanah	37.712

### 2.6.3 Tata Letak Peralatan Proses

Dalam merancang tata letak peralatan proses di dalam pabrik, terdapat sejumlah faktor penting yang perlu diperhitungkan guna menunjang efisiensi serta keselamatan kerja.

#### 1. Pergerakan bahan baku dan hasil produksi

Desain jalur perpindahan bahan baku harus dirancang secara efisien agar proses produksi berjalan lancar dan aman. Alur yang tertata baik tidak hanya mempersingkat

waktu dan jarak tempuh bahan, tetapi juga mampu menekan biaya produksi secara keseluruhan.

## 2. Sirkulasi udara

Penting untuk memperhatikan aliran udara di sekitar area proses, terutama arah angin di lingkungan kerja. Tujuannya adalah mencegah penumpukan udara di suatu titik yang bisa mengandung zat kimia berbahaya. Akumulasi bahan beracun tersebut berpotensi membahayakan keselamatan para pekerja dan masyarakat di sekitar fasilitas produksi.

## 3. Sistem pencahayaan

Pencahayaan yang cukup harus tersedia di seluruh area pabrik. Khusus pada bagian-bagian yang memiliki risiko tinggi, penerangan ekstra perlu diberikan untuk meningkatkan kewaspadaan dan mengurangi kemungkinan kecelakaan kerja.

## 4. Akses pergerakan pekerja

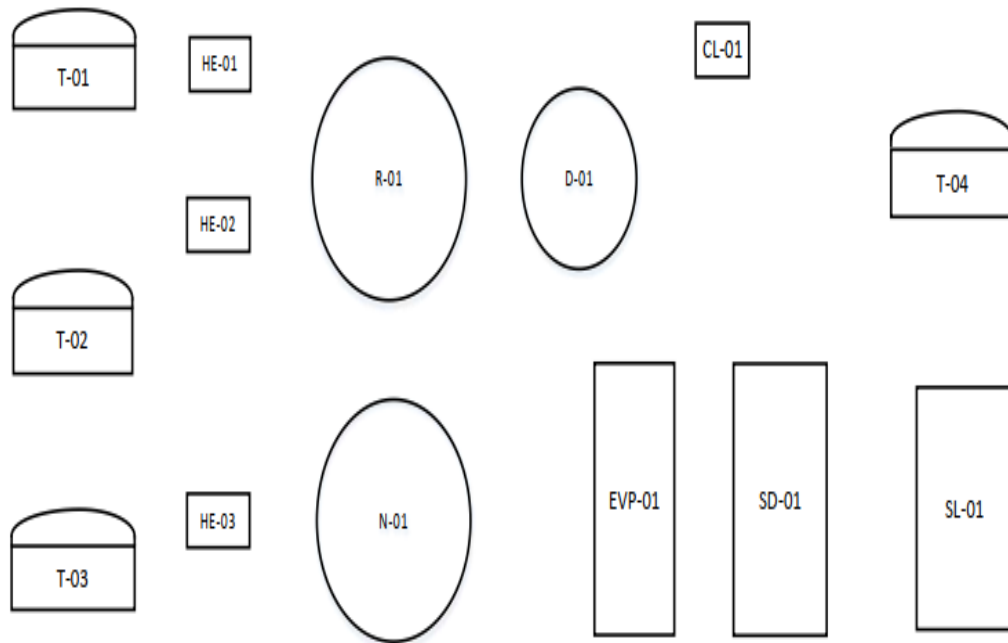
Rute yang digunakan oleh karyawan harus dirancang agar memudahkan mereka mengakses seluruh peralatan proses dengan cepat dan efisien, terutama saat terjadi situasi darurat atau gangguan teknis yang memerlukan tindakan segera.

## 5. Penempatan peralatan berdasarkan jarak

Peralatan yang beroperasi pada kondisi ekstrem—baik dari sisi tekanan maupun suhu—sebaiknya diposisikan terpisah dari unit lain. Langkah ini diambil sebagai upaya preventif agar apabila terjadi insiden seperti kebakaran atau ledakan, dampaknya tidak meluas ke peralatan lainnya.

## 6. Aspek biaya dan efisiensi

Dalam menentukan posisi alat-alat produksi, penting untuk memperhitungkan aspek ekonomi. Penempatan alat harus mendukung kelangsungan operasi dengan biaya serendah mungkin namun tetap menjamin keamanan dan efektivitas proses produksi.



Gambar 2. 5 Tata Letak Peralatan Proses

Keterangan Gambar:

T-01	: Tangki <i>Linear Alkylbenze</i>	R-01	: Reaktor
T-02	: Tangki <i>Oleum</i> 20%	D-01	: Decanter
T-03	: Tangki NaOH 20%	CL-01	: <i>Cooler</i>
T-04	: Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N-01	: Netralizer
HE-01	: <i>Heat Exchanger</i> 1	EVP-01	: Evaporator
HE-02	: <i>Heat Exchanger</i> 2	SD-01	: Spray Dryer
HE-03	: <i>Heat Exchanger</i> 3	SL-01	: Silo