

BAB II

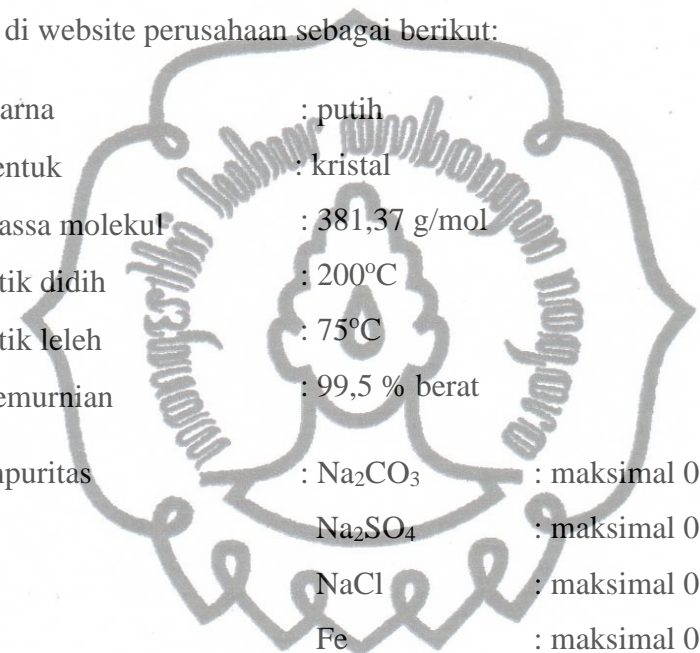
DESKRIPSI PROSES

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

1. Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Bahan diperoleh dari CV Cahaya Semesta, Surabaya dengan spesifikasi yang tertera di website perusahaan sebagai berikut:



– Warna	: putih	
– Bentuk	: kristal	
– Massa molekul	: 381,37 g/mol	
– Titik didih	: 200°C	
– Titik leleh	: 75°C	
– Kemurnian	: 99,5 % berat	
– Impuritas	: Na_2CO_3	: maksimal 0,3% berat
	: Na_2SO_4	: maksimal 0,12% berat
	: NaCl	: maksimal 0,05% berat
	: Fe	: maksimal 0,03% berat

2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Bahan diperoleh dari PT Petrokimia Gresik dengan spesifikasi yang tertera di website perusahaan sebagai berikut:

– Warna	: tidak berwarna
– Massa molekul	: 98,08 g/mol
– Titik didih	: 340°C
– Bentuk	: cair
– Kemurnian	: 98% berat
– Impuritas(H_2O)	: 2% berat

3. Natrium Hidroksida (NaOH)

Bahan diperoleh dari PT Aneka Kimia Inti, Surabaya dengan spesifikasi yang tertera di website perusahaan sebagai berikut:

- Warna : tidak berwarna
- Bentuk : cair
- Massa molekul : 40 g/mol
- Titik didih : 1390°C
- Kemurnian : 48% berat
- Impuritas(H₂O) : 52% berat

2.1.2 Spesifikasi Produk

1. Asam Borat (H₃BO₃) (Jinan Shijitongda Chemical Co Ltd., 2013)

- Bentuk : kristal
- Warna : putih
- Massa molekul : 61,83 g/mol
- Titik leleh : 185°C
- Kemurnian : 99,5%
- Impuritas(H₂O) : 0,5%

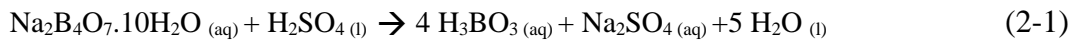
2. Natrium Sulfat (Na₂SO₄) (Jinan Shijitongda Chemical Co Ltd., 2013)

- Bentuk : kristal
- Warna : putih
- Massa molekul : 142,05 g/mol
- Titik leleh : 884°C
- Kemurnian : 99%
- Impuritas(H₂O) : 1%

2.2. Konsep Proses

2.2.1. Dasar Reaksi

Asam borat diproduksi dari proses asidifikasi boraks dan asam sulfat. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



2.2.2. Kondisi Operasi

Reaksi asidifikasi boraks dengan asam sulfat ini dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 90°C, fase cair-cair, tekanan 1 atm dan berlangsung selama 1 jam dengan rasio reaktan 1 mol boraks dan 0,98 mol asam sulfat. Sebelum direaksikan, boraks dilarutkan dalam air dengan perbandingan 1 mol boraks setiap 5 mol air.

(US Patent No. 4,156,654)

2.2.3. Tinjauan Termodinamika

Reaksi:



Jika ditinjau dari segi termodinamika, harga $\Delta G_{f,298}$ masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Harga $\Delta G_{f,298}^\circ$ Masing-masing Komponen (Perry, 1999)

Komponen	Harga $\Delta G_{f,298}^\circ$ (kJ/mol)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-5.460
H_2SO_4	-653,47
H_3BO_3	-986,90
Na_2SO_4	-1.270,20
H_2O	-228,60

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{f,298} &= \Delta G_{f,298} \text{ produk} - \Delta G_{f,298} \text{ reaktan} & (2-2) \\
 &= (4 \times \Delta G_{f,298} \text{ asam borat} + \Delta G_{f,298} \text{ natrium sulfat} + 5 \times \Delta G_{f,298} \text{ air}) - \\
 &\quad (\Delta G_{f,298} \text{ boraks} + \Delta G_{f,298} \text{ asam sulfat}) \\
 &= (4(-986,90) + (-1.270,20) + (5(-228,60)) - ((-5.460) + (-653,47)) \\
 &= -247,33 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ln K_o &= \frac{-\Delta G_{t,298}}{RT} & (2-3) \\
 &= \frac{-247330 \text{ kJ/kmol}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}} \times 298,5 \text{ K}} \\
 &= 99,7154
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_o &= 2,022 \cdot 10^{43} \text{ kJ/kmol} \\
 \ln \frac{K}{K_o} &= \frac{-\Delta H_{r,298}}{R} \frac{1}{T} \frac{1}{T_o} & (2-4)
 \end{aligned}$$

Dengan, K = konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu tertentu
 K_o = konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu standar
 T = suhu tertentu
 T_o = suhu standar
 $\Delta H_{r,298}$ = panas reaksi standar pada 298 K

Sedangkan harga $\Delta H_{f,298}$ masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Harga $\Delta H_{f,298}$ Masing-masing Komponen (Van Ness, 2001)

Komponen	Harga $\Delta H_{f,298}$ (kJ/kmol)
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-3.291,10
Na_2SO_4	-555,55
H_2O	-285,83
H_2SO_4	-814,00
H_3BO_3	-674,19

$$\Delta H_{f298} = \sum H_f \text{ produk} - \sum H_f \text{ reaktan} \quad (2-5)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{r,298}^0 &= (4(\Delta H_{r,298}^0 (\text{asam borat})) + (\Delta H_{r,298}^0 (\text{natrium sulfat})) + (5 (\Delta H_{r,298}^0 (\text{air}))) \\ &\quad - ((\Delta H_{r,298}^0 (\text{boraks})) + (\Delta H_{r,298}^0 (\text{asam sulfat}))) \\ &= (4(-674,19) + (-555,55) + 5(-285,83)) - ((-3291,10) + (-814)) \\ &= -576,3591 \text{ kJ/kmol H}_3\text{BO}_3 \end{aligned}$$

Nilai ΔH_r yang bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi asidifikasi boraks merupakan reaksi eksotermis (USP 4,156,654).

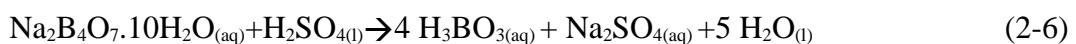
Pada suhu 90°C (363 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln \frac{K}{K_0} &= \frac{-\Delta H_{r,298}}{R} \frac{1}{T} \frac{1}{T_0} \\ \ln K &= 2,022 \cdot 10^{43} \times \frac{576,359 \text{ kJ/kmol}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}}} \frac{1}{363 \text{ K}} \frac{1}{298 \text{ K}} \\ K &= 1,9396 \cdot 10^{43} \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Terlihat bahwa harga K untuk reaksi tersebut sangat besar, sehingga reaksinya berjalan ke kanan (*irreversible*) (Smith, J.M & Van Ness., 1996).

2.2.4. Tinjauan Kinetika Reaksi

Reaksi antara $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dengan H_2SO_4 dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:



Dengan A boraks, B asam sulfat, C asam borat, D natrium sulfat, dan E air, maka secara kinetika persamaan kecepatan reaksi (2-7) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-r_A = kC_A C_B \quad (2-8)$$

Nilai k bisa dihitung dari persamaan:

$$k = \frac{1}{C_{AO}(M-1)\tau} \ln \left[\frac{M-X_A}{M(1-X_A)} \right] \quad (2-9)$$

$$M = \frac{C_{AO}}{C_{BO}} \quad (2-10)$$

Dengan,

k = konstanta kecepatan reaksi

X = konversi terhadap boraks = 90% (Faith and Keyes, 1975)

τ = waktu tinggal

C_{AO} = konsentrasi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ mula-mula

C_{BO} = konsentrasi H_2SO_4 mula-mula

M = perbandingan konsentrasi awal $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dengan H_2SO_4

Menurut USP 4,156,654 diperoleh data:

t = waktu tinggal = 1 jam

Berdasarkan jurnal Indra 2018, didapatkan nilai

C_{AO} = 0,002138 kmol/L,

C_{BO} = 0,002160 kmol/L

M = 1,01

Dari perhitungan, didapatkan:

$$k = \frac{1}{0,002138 \times (1,01 - 1) \times 1} \times \ln \left[\frac{1,01 - 0,90}{1,01 \times (1 - 0,90)} \right]$$

$$k = 3992,5093 \frac{L}{\text{kmol} \cdot \text{jam}}$$

$$k = 1,109 \frac{L}{\text{kmol} \cdot s}$$

2.3. Diagram Alir Proses dan Langkah Proses

2.3.1. Diagram Alir Kualitatif

Diagram alir kualitatif dapat dilihat pada gambar 2.1

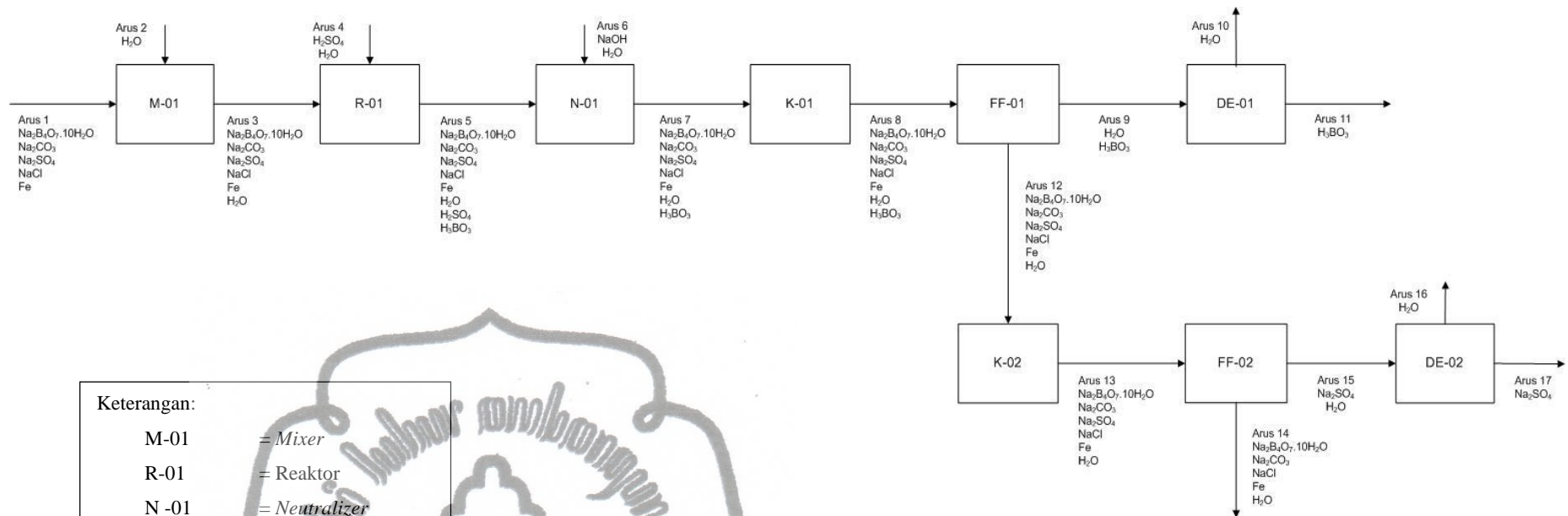
2.3.2. Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir kuantitatif dapat dilihat pada gambar 2.2

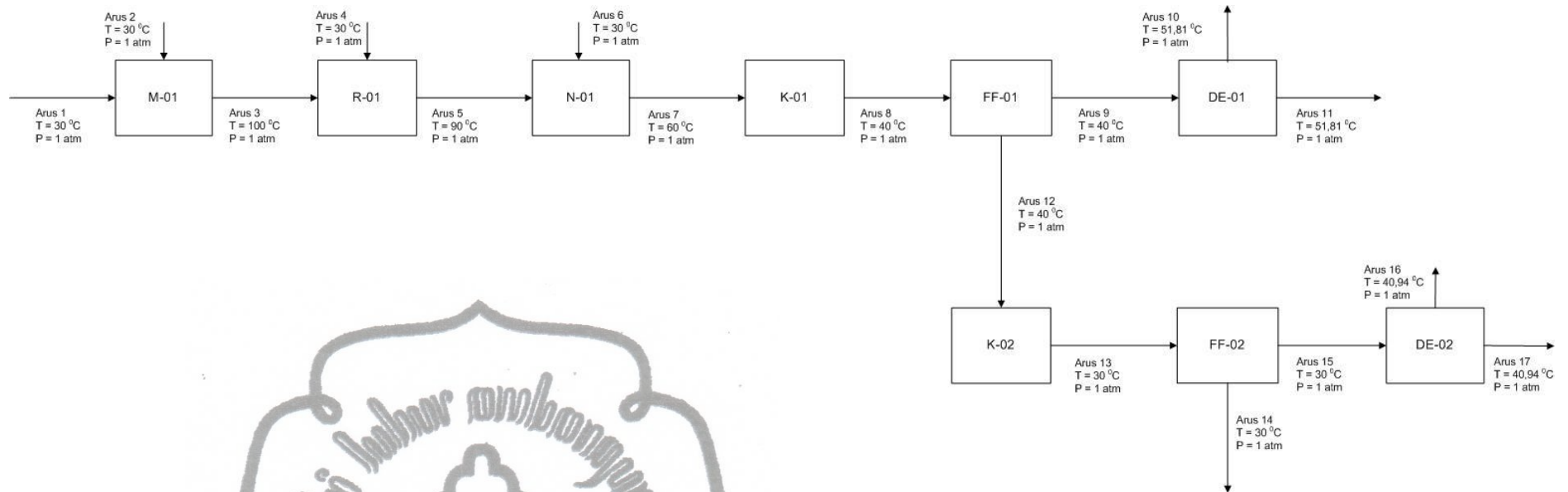
2.3.3. Diagram Alir Proses

Diagram alir lengkap dapat dilihat pada gambar 2.3





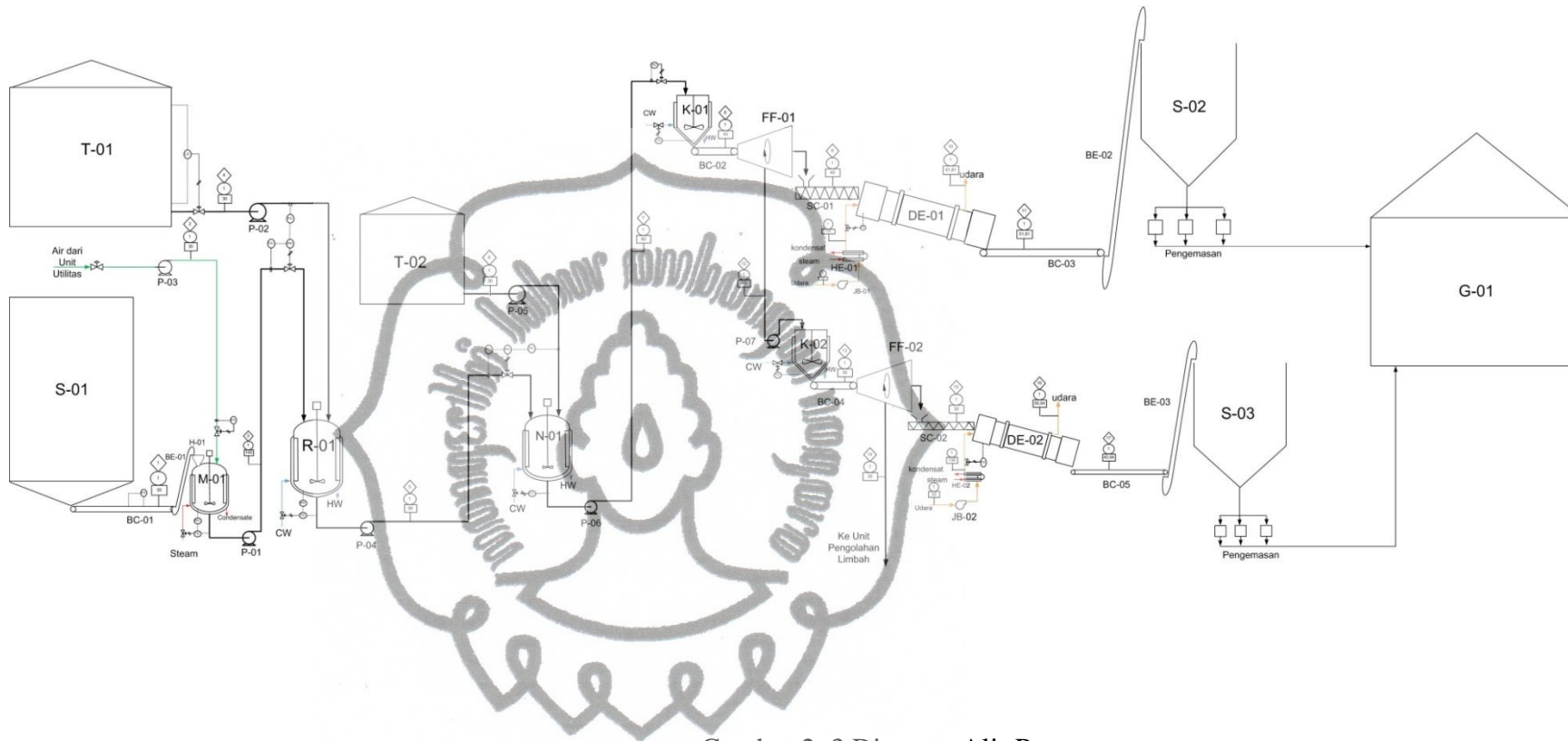
Gambar 2. 1 Diagram Alir Kualitatif



Komponen	Laju Alir (Kg/Jam)																
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	2812,60		2812,60		281,26		281,26	281,26				281,26	281,26	281,26			
Na_2CO_3	8,48		8,48		8,48		8,48	8,48				8,48	8,48	8,48			
Na_2SO_4	3,39		3,39		946,25		1030,06	1030,06				1030,06	1030,06		1030,06		1030,06
NaCl	1,41		1,41		1,41		1,41	1,41				1,41	1,41	1,41			
Fe	0,85		0,85		0,85		0,85	0,85				0,85	0,85	0,85			
H_2O		663,75	663,75	13,28	1274,40	23,01	1318,65	1318,65	65,93	65,60	0,33	1252,72	1252,72	1190,08	62,64	62,01	0,63
H_2SO_4				708,87	57,87												
NaOH						47,20											
H_3BO_3					1641,59		1641,59	1641,59	1641,59		1641,59						
TOTAL	2826,74	663,75	3490,49	722,15	4212,10	70,21	4282,30	4282,30	1707,52	65,60	1641,92	2574,78	2574,78	1482,08	1092,69	62,01	1030,68

Gambar 2. 2 Diagram Alir Kuantitatif

DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK ASAM BORAT DARI BORAKS DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN



KETERANGAN:	
BC	: Belt Conveyor
BE	: Bucket Elevator
DE	: Rotary Dryer
FF	: Centrifuge
G	: Gudang
HE	: Heat Exchanger
JB	: Blower
K	: Crystallizer
M	: Mixer
N	: Neutralizer
R	: Reaktor
S	: Silo
SC	: Screw Conveyor
T	: Tangki
P	: Pompa
LIC	: Level Indikator Controller
TIC	: Temperature Indikator Controller
PIC	: Flow Indikator Controller
PI	: Pressure Indikator Controller

—	: Arus Massa Proses
—	: Arus Steam
—	: Arus Cooling Water
—	: Arus Air dari Utilitas
—	: Arus Udara Pemanas

○	: Tekanan, atm
◇	: Nomor Arus
□	: Temperatur, °C
+	: Gate Valve
—	: Electric Connector
—	: Pneumatic

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURABAYA 2020	
Oleh: Dyah Ayu Ratumanan Kholimah Nur Rizky S.	
1 0516016	1 0516025
Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Eng. Agus Purwanto, S.T., M.T. Dr. Ari Diana Susanti, S.T., M.T.	

Gambar 2. 3 Diagram Alir Proses

2.3.4. Langkah Proses

Proses pembuatan asam borat secara garis besar dibagi menjadi 4 tahapan proses, yaitu:

1. Persiapan bahan baku
2. Prose Reaksi
3. Proses Pemurnian
4. Proses pengolahan produk samping

2.3.4.1. Tahapan Proses

1. Persiapan Bahan Baku

a. Unit penyiapan boraks

Persiapan bahan baku meliputi pembuatan larutan boraks di dalam *mixer* sebelum masuk reaktor dengan menggunakan pelarut air. Boraks dari silo dialirkan ke *belt conveyor* untuk dialirkan ke *hopper* menggunakan *bucket elevator*. Dari *hopper* boraks diumpankan ke dalam *mixer* pada kondisi atmosferis, 30°C. Air sebagai pelarut dari utilitas masuk ke dalam *mixer* pada kondisi atmosferis, 30°C menggunakan pompa.

b. Unit penyiapan asam sulfat

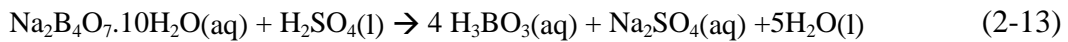
Asam sulfat (H_2SO_4) dialirkan dari tangki penyimpanan (30°C, 1 atm) menuju reaktor.

2. Prose Reaksi

a. Proses Asidifikasi

Reaksi asidifikasi terjadi dalam reaktor alir tangki berpengaduk yaitu antara larutan boraks dengan asam sulfat (H_2SO_4) pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Larutan boraks yang keluar *mixer* dialirkan ke reaktor dengan pompa. Sementara asam sulfat dari tangki penyimpanan pada kondisi 30°C 1 atm dialirkan masuk reaktor. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor RATB berpendingin. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor merupakan reaksi eksotermis, sehingga perlu didinginkan menggunakan air pendingin. Reaksi asidifikasi menghasilkan produk asam borat (H_3BO_3) dan Natrium Sulfat (Na_2SO_4).

Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor sebagai berikut:



b. Proses Netralisasi

Proses netralisasi dilakukan dengan menambahkan NaOH. Larutan yang keluar dari reaktor dialirkan oleh pompa menuju *neutralizer* sementara NaOH dari tangki penyimpanan pada kondisi 30°C 1 atm dialirkan menuju *neutralizer*.

Adapun reaksi yang terjadi di dalam *neutralizer* sebagai berikut:



3. Proses Pemurnian

a. Proses Pengkristalan

Larutan yang keluar dari *neutralizer* dialirkan oleh pompa menuju *crystallizer* 1 untuk mengkristalkan asam borat, kemudian dialirkan ke *centrifuge* dengan bantuan belt conveyor.

b. Proses Pemisahan Kristal dan Larutan Induk

Kristal yang terbentuk di *crystallizer* 1 dipisahkan dari larutan induknya. Pemisahan dilakukan di *centrifuge* 1 yang bekerja pada suhu 40°C tekanan 1 atm. Larutan induk yang telah terpisahkan dari kristal diumpan masuk ke dalam *crystallizer* 2. Sementara itu, kristal asam borat dimasukkan ke *rotary dryer* 1.

c. Proses Pengeringan

Kristal asam borat masuk ke *rotary dryer* 1 dengan bantuan *screw conveyor* untuk dikeringkan dari kandungan airnya. Sebagai media pengering digunakan udara panas yang kering dan mengalir secara *co-current* pada suhu 130°C tekanan 1 atm. Udara panas kering tersebut dihasilkan dari *heat exchanger*. Kristal asam borat yang berasal dari *rotary dryer* 1 diumpankan ke dalam silo produk.

4. Proses Pengolahan Produk Samping

a. Proses Pengkristalan

Larutan induk keluar dari *centrifuge* 1 dialirkan oleh pompa menuju *crystallizer* 2 untuk mengkristalkan natrium sulfatnya. Keluaran *crystallizer* 2

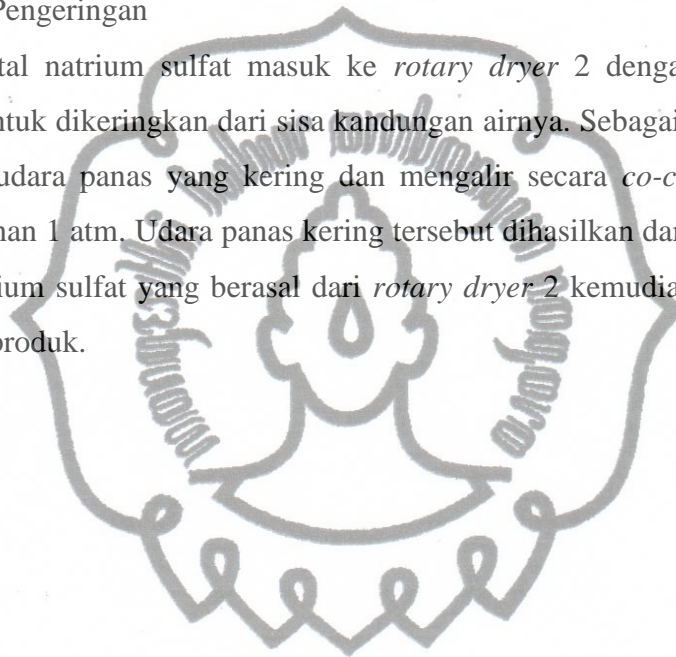
dialirkan ke *centrifuge* 2 dengan bantuan belt conveyor.

b. Proses Pemisahan Kristal dan Larutan Induk

Kristal yang terbentuk di *crystallizer* 2 dipisahkan dari larutan induknya. Pemisahan dilakukan di *centrifuge* 2 yang bekerja pada suhu 30°C tekanan 1 atm. Sementara itu, kristal natrium sulfat dimasukkan ke *rotary dryer* 2.

c. Proses Pengeringan

Kristal natrium sulfat masuk ke *rotary dryer* 2 dengan bantuan *screw conveyor* untuk dikeringkan dari sisa kandungan airnya. Sebagai media pengering digunakan udara panas yang kering dan mengalir secara *co-current* pada suhu 130°C tekanan 1 atm. Udara panas kering tersebut dihasilkan dari *heat exchanger*. Kristal natrium sulfat yang berasal dari *rotary dryer* 2 kemudian diumpankan ke dalam silo produk.



2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas

Produk : Asam Borat 99,5 %

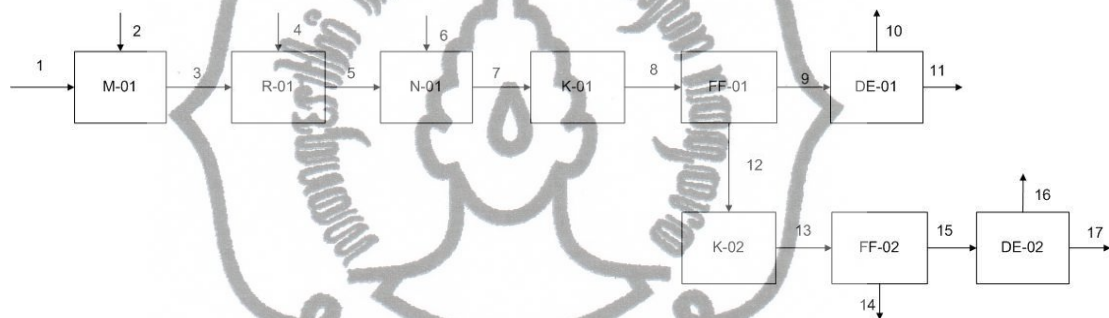
Basis Perhitungan : 1 jam operasi

Kapasitas : 13.000 ton/tahun

Waktu operasi selama 1 tahun : 330 hari

Waktu operasi selama 1 hari : 24 jam

2.4.1. Neraca Massa



Gambar 2.4 Bagan Arus Neraca Massa dan Neraca Panas

Keterangan:

M = Mixer
 R = Reaktor
 N = Neutralizer
 K = Crystallizer
 FF = Centrifuge
 DE = Rotary Dryer

Tabel 2.3 Neraca Massa Total pada *Mixer* (M-01)

Komponen	Input		Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	2812,60		2812,60
Na ₂ CO ₃	8,48		8,48
Na ₂ SO ₄	3,39		3,39
NaCl	1,41		1,41
Fe	0,85		0,85
H ₂ O		663,75	663,75
Subtotal	2826,74	663,75	3490,49
Total	3490,49		3490,49

Tabel 2.4 Neraca Massa Total pada Reaktor (R-01)

Komponen	Input		Output
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	2812,60		281,26
Na ₂ CO ₃	8,48		8,48
Na ₂ SO ₄	3,39		946,25
NaCl	1,41		1,41
Fe	0,85		0,85
H ₂ O	663,75	13,28	1274,40
H ₂ SO ₄		708,87	57,87
H ₃ BO ₃			1641,59
Subtotal	3490,49	722,15	4212,10
Total		4212,64	4212,10

Tabel 2.5 Neraca Massa Total pada *Neutralizer* (N-01)

Komponen	Input		Output
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	281,26		281,26
Na ₂ CO ₃	8,48		8,48
Na ₂ SO ₄	946,25		1030,06
NaCl	1,41		1,41
Fe	0,85		0,85
H ₂ O	1274,40	23,01	1318,65
H ₂ SO ₄	57,87		
H ₃ BO ₃	1641,59		1641,59
NaOH		47,20	
Subtotal	4212,10	70,21	4282,30
Total	4282,31		4282,30

Tabel 2.6 Neraca Massa Total pada *Crystallizer* 1 (K-01)

Komponen	Input	Output
	Arus 7	Arus 8
	kg/jam	kg/jam
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	281,26	281,26
Na ₂ CO ₃	8,48	8,48
Na ₂ SO ₄	1030,06	1030,06
NaCl	1,41	1,41
Fe	0,85	0,85
H ₂ O	1318,65	1318,65
H ₃ BO ₃ (l)	1641,59	
H ₃ BO ₃ (slurry)		1641,59
Total	4282,30	4282,30

Tabel 2.7 Neraca Massa Total pada *Centrifuge1* (FF-01)

Komponen	Input	Output	
	Arus 8	Arus 9	Arus 12
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	281,26		281,26
Na ₂ CO ₃	8,48		8,48
Na ₂ SO ₄	1030,06		1030,06
NaCl	1,41		1,41
Fe	0,85		0,85
H ₂ O	1318,65	65,93	1252,72
H ₃ BO ₃ (s)	1641,59	1641,59	
Subtotal	4282,30	1707,52	2574,78
Total	4282,30	4282,30	

Tabel 2.8 Neraca Massa Total pada *Rotary Dryer1* (DE-01)

Komponen	Input	Output	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
H ₂ O	65,93	65,60	0,33
H ₃ BO ₃ (s)	1641,59		1641,59
Subtotal	1707,52	65,60	1641,92
Total	1707,52	1707,52	

Tabel 2.9 Neraca Massa Total pada *Crystallizer* 2 (K-02)

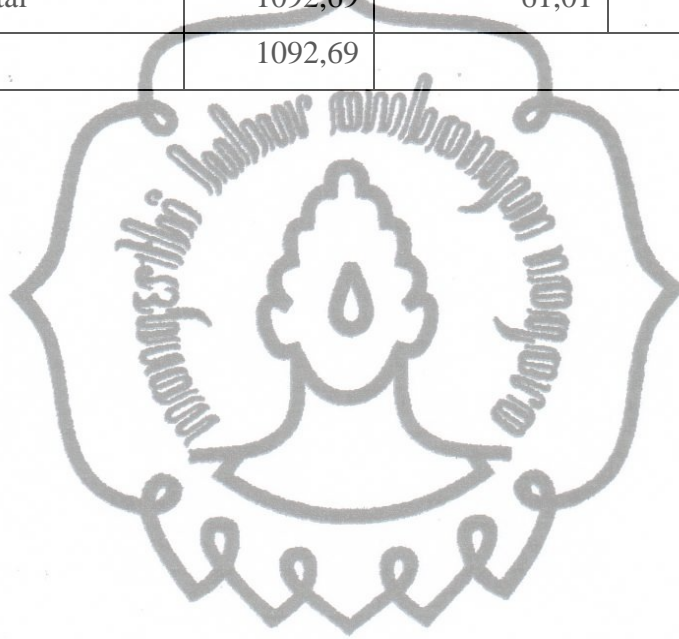
Komponen	Input	Output
	Arus 12	Arus 13
	kg/jam	kg/jam
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	281,26	281,26
Na_2CO_3	8,48	8,48
Na_2SO_4	1030,06	
Na_2SO_4 (slurry)		1030,06
NaCl	1,41	1,41
Fe	0,85	0,85
H_2O	1252,72	1252,72
Total	2574,78	2574,78

Tabel 2.10 Neraca Massa Total pada *Centrifuge*2 (FF-02)

Komponen	Input	Output	
	Arus 13	Arus 15	Arus 14
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	281,26		281,26
Na_2CO_3	8,48		8,48
Na_2SO_4 (slurry)	1030,06	1030,06	
NaCl	1,41		1,41
Fe	0,85		0,85
H_2O	1252,72	62,64	1190,08
Subtotal	2574,78	1092,69	1482,08
Total	2574,78	2574,78	

Tabel 2.11 Neraca Massa Total pada *Rotary Dryer*2 (DE-02)

Komponen	Input	Output	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
H ₂ O	62,64	61,01	0,63
Na ₂ SO ₄	1030,06		1030,06
Subtotal	1092,69	61,01	1030,68
Total	1092,69	1092,69	



2.4.2. Neraca Panas

Suhu Referensi = 25 °C

Basis Perhitungan = 1 jam operasi

2.4.2.1. Neraca Panas Tiap Alat

Tabel 2.12 Neraca Panas Total

Komponen	Input (kJ)	Output (kJ)
Q arus borak	21200,70	
Q arus H ₂ O masuk <i>mixer</i>	13919,94	
Q arus H ₂ SO ₄	5349,21	
Q arus NaOH	820,51	
Q arus H ₂ O keluar <i>dryer</i> 1		7376,52
Q arus produk H ₃ BO ₃		64322,76
Q arus <i>mother liquor</i> ke UPL		28490,05
Q arus H ₂ O keluar <i>dryer</i> 2		4147,08
Q arus produk Na ₂ SO ₄		15323,95
Q pemanas <i>mixer</i>	212188,34	
Q pelarutan boraks	563892,50	
Q pendingin <i>neutralizer</i>		693573,76
Q reaksi	4143015,46	
Q pendingin reaktor		3812023,50
Q pendingin <i>crystallizer</i>		988450,70
Q kristal	608355,22	
Q udara pengering	1328422,91	1236702,24
Q <i>loss</i>		46774,16
Total	6897164,73	6897164,73

Tabel 2.13 Neraca Panas Total pada *Mixer* (M-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	21133,06		515789,06
Na ₂ CO ₃	43,85		924,20
Na ₂ SO ₄	15,78		135,15
NaCl	6,06		411,00
Fe	1,94		66,76
H ₂ O		13919,94	293875,31
Panas Kelarutan		563892,52	
Pemanas		212188,34	
Total		811201,48	811201,48

Tabel 2.14 Neraca Panas Total pada Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	515789,06		44701,72
Na ₂ CO ₃	924,20		800,97
Na ₂ SO ₄	135,15		32673,40
NaCl	411,00		356,20
Fe	66,76		57,86
H ₂ O	293875,31	278,40	489008,52
H ₂ SO ₂		5070,81	5381,27
H ₃ BO ₃			257136,75
Panas Reaksi		3825589,52	
Pendingin			3812023,50
Total		4642140,20	4642140,20

Tabel 2.15 Neraca Panas Total pada *Neutralizer* (N-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	44701,72		24070,16
Na ₂ CO ₃	800,97		431,29
Na ₂ SO ₄	32673,40		19151,62
NaCl	356,20		191,80
Fe	57,86		31,16
H ₂ O	489008,52	482,56	272455,07
H ₂ SO ₂	5381,27		
H ₃ BO ₃	257136,75		138458,25
NaOH		337,95	
Pendingin			693573,76
Panas Reaksi	317425,9		
Total	1148363,11		1148363,11

Tabel 2.16 Neraca Panas Total pada *Crystallizer*1 (K-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Arus 7	Arus 8
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	24070,16	10315,78
Na ₂ CO ₃	431,29	184,84
Na ₂ SO ₄	19151,62	8207,84
NaCl	191,80	82,20
Fe	31,16	13,35
H ₂ O	272455,07	82962,86
H ₃ BO ₃	138458,25	35969,94
Panas pengkristalan	599860,08	
Pendingin		916912,61
Total	1054649,42	1054649,42

Tabel 2.17 Neraca Panas Total pada *Centrifuge1* (FF-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 12
Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	10315,78		10315,78
Na ₂ CO ₃	184,84		184,83
Na ₂ SO ₄	8207,84		8207,83
NaCl	82,20		82,20
Fe	13,35		13,35
H ₂ O	82962,86	4148,14	78814,72
H ₃ BO ₃	35969,94	35969,94	
Total	137736,82		137736,82

Tabel 2. 18 Neraca Panas Total pada *Rotary Dryer1* (DE-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
H ₂ O	4148,14	7376,52	37,07
H ₃ BO ₃	35969,94		64285,70
Udara panas	833595,91		757239,11
Qloss			44778,59
Total	873713,99		873713,99

Tabel 2. 19 Neraca Panas Total pada *Crystallizer2* (K-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
	Arus 12	Arus 13
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	10315,78	3438,59
Na_2CO_3	184,83	61,61
Na_2SO_4	8207,83	4792,15
NaCl	82,20	27,40
Fe	13,35	4,45
H_2O	78814,72	26271,57
Panas pengkristalan	8495,14	
Pendingin		71518,09
Total	106113,87	106113,87

Tabel 2. 20 Neraca Panas Total pada *Centrifuge2* (FF-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	3438,59	3438,59	
Na_2CO_3	61,61	61,61	
Na_2SO_4	4792,15		4792,14
NaCl	27,40	27,40	
Fe	4,45	4,45	
H_2O	26271,57	24957,99	1313,57
Total	34595,77	34595,77	

Tabel 2. 21 Neraca Panas Total pada *Rotary Dryer*2 (DE-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
H ₂ O	1313,57	4142,88	41,88
Na ₂ SO ₄	4792,14		15282,06
Udara Panas	494827,00	479463,12	
Qloss		1998,57	
Total	500932,72	500932,72	



2.5 *Lay Out* Pabrik dan Peralatan Proses

2.5.1. *Lay Out* Pabrik

Lay out pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran kerja dari para karyawan serta keselamatan proses.

Pada perancangan pabrik ini, tata letak dari pabrik dapat dilihat pada Gambar 2.4 untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik ini adalah:

1. Pabrik merupakan pabrik baru (bukan pengembangan) sehingga *lay out* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
2. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa mendatang.
3. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perancangan *lay out* selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, bahan yang mudah meledak, dan jauh dari asap atau gas beracun.
4. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *outdoor* untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *outdoor*.
5. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian pengaturan ruangan/lahan

Secara garis besar *lay out* dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

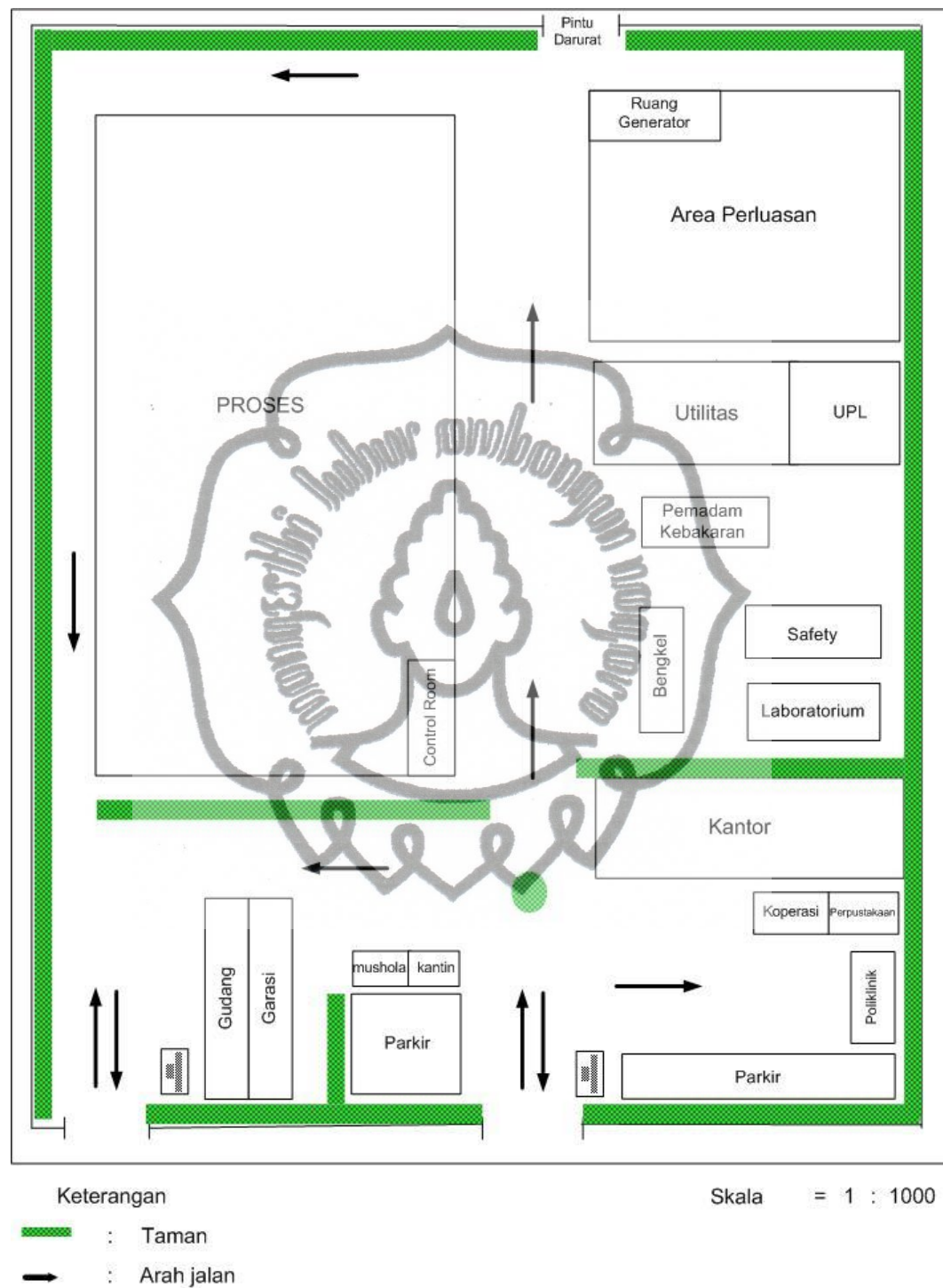
1. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol, merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
2. Daerah proses, merupakan daerah dimana alat proses diletakan dan proses berlangsung.
3. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk, merupakan daerah untuk

tempat bahan baku dan produk.

4. Daerah gudang, bengkel dan garasi, merupakan daerah yang digunakan untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.
5. Daerah utilitas, merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan.

(Vilbrandt, 1959)



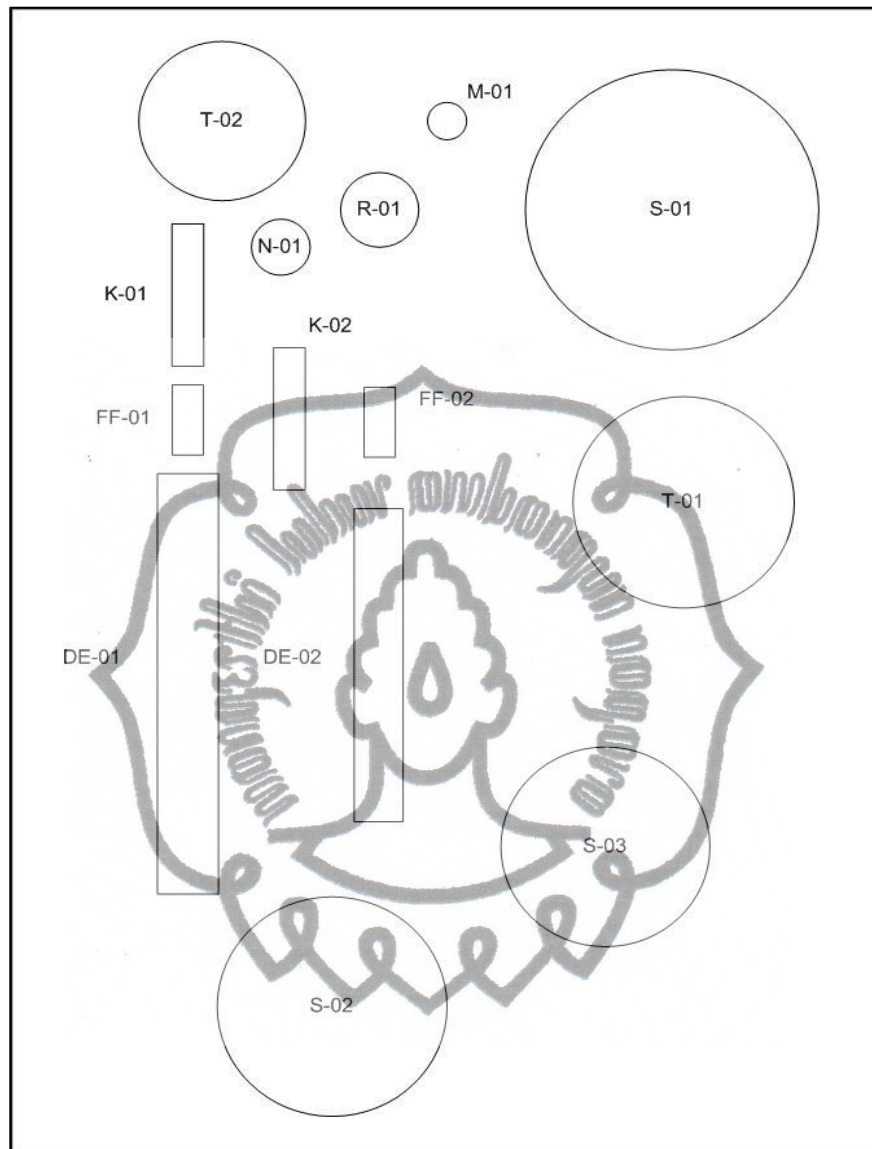


Gambar 2. 5 Lay out Pabrik

2.5.2. Lay Out Peralatan Proses

Lay out peralatan proses adalah tempat dimana alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak peralatan proses pada perancangan pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 2.5 beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain (Vilbrandt. 1959):

1. Kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar peralatan proses. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.
2. Penerangan sebuah pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses berbahaya atau beresiko tinggi perlu penerangan tambahan.
3. Lalu lintas manusia, dalam perancangan *lay out* peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga diprioritaskan.
4. Pertimbangan ekonomi, dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.
5. Jarak antar alat proses, alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran maka kerusakan dapat diminimalkan.



Skala 1: 100

Gambar 2. 6 Lay Out Peralatan Proses

Keterangan:

M-01 : *Mixer*R-01 : *Reaktor*N-01 : *Neutralizer*S-01 : *Silo Boraks*T-01 : *Tangki H₂SO₄*T-02 : *Tangki NaOH*K : *Crystallizer*FF : *Centrifuge*DE : *Rotary Dryer*S-02 : *Silo H₃BO₃*S-03 : *Silo Na₂SO₄*