

BAB II

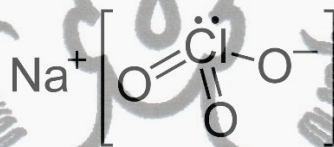
DESKRIPSI PROSES

II.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

II.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Natrium Klorat

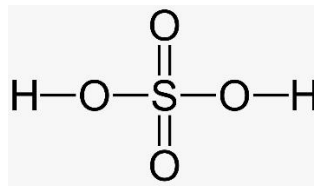
- Sumber = Shaanxi Xinyuronghe, China
- Rumus Molekul = NaClO_3
- Fase = Padatan
- Warna = Putih
- Kemurnian = 99% berat



Gambar II.1 Struktur Molekul Natrium Klorat

2. Asam Sulfat

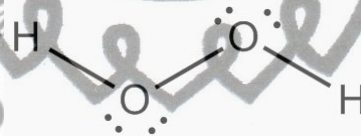
- Sumber = PT Timur Raya Tunggal
- Rumus Molekul = H_2SO_4
- Fase = Cair
- Warna = Tidak bewarna
- Kemurnian = 98,2 % berat min.
- Pengotor
 - Klorida (Cl) = 5 mg/kg max.
 - Besi (Fe) = 40 mg/kg max.
 - Timbal (Pb) = 9 mg/kg max.
 - Arsenik (As) = 0,2 mg/kg max.
 - Tembaga (Cu) = 1 mg/kg max.
 - Selenium (Se) = 0,5 mg/kg max.
 - Seng (Zn) = 2 mg/kg max.



Gambar II.2 Struktur Molekul Asam Sulfat

3. Hidrogen Peroksida

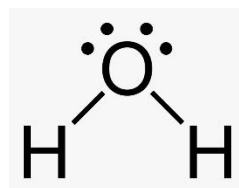
- Sumber = PT. Peroksida Indonesia Pratama
- Rumus Molekul = H_2O_2
- Fase = Cair
- Warna = Tidak bewarna
- Titik Leleh = -52°C (1 bar)
- Titik Didih = 113°C (1 bar)
- pH = 1,0 – 1,7
- *Specific Gravity* = 1,191 (1 bar, 25°C)
- Tekanan Uap = 2,4 kPa (30°C)
- Kemurnian = 50 % berat



Gambar II.3 Struktur Molekul Hidrogen Peroksida

4. Air

- Rumus Molekul = H_2O
- Fase = Cair
- Warna = Tidak berwarna
- Kemurnian = 100%



Gambar II.4 Struktur Molekul Air

5. Natrium Hidroksida

- Sumber = PT Asahimas *Chemical*
- Rumus Molekul = NaOH
- Fase = Padatan
- Warna = Tidak berwarna
- Kemurnian = 99%

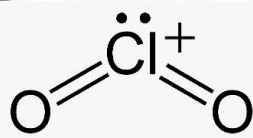


Gambar II.5 Struktur Molekul Natrium Hidroksida

II.1.2 Spesifikasi Produk

1. Klorin Dioksida

- Rumus Molekul = ClO_2
- Fase = Cair
- Warna = Tidak berwarna
- Kemurnian = 0,8% berat
- Pengotor
 - Air (H_2O) = 99,2% berat

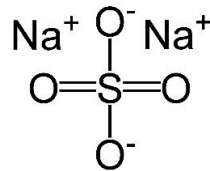


Gambar II.6 Struktur Molekul Klorin Dioksida

2. Natrium Sulfat

- Rumus Molekul = Na_2SO_4
- Fase = Padatan
- Warna = Putih
- Kemurnian = 99,88 % berat
- Pengotor
 - Natrium klorat (NaClO_3) = 0,013% berat
 - Hidrogen peroksida (H_2O_2) = 0,002% berat

- Air (H_2O) = 0,1% berat

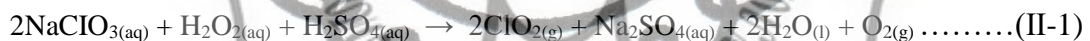


Gambar II.7 Struktur Molekul Natrium Sulfat

II.2 Konsep Dasar Proses

II.2.1 Dasar Reaksi

Menurut US Patent No. 6387344, proses pembuatan klorin dioksida dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Proses pembuatan klorin dioksida ini menggunakan bahan baku natrium klorat (NaClO_3), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan asam sulfat (H_2SO_4) dengan sifat reaksi eksotermis non adiabatik. Reaksi berlangsung pada tekanan 0,7 atm dan suhu 50°C . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



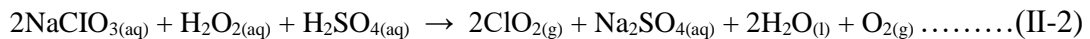
II.2.2 Kondisi Operasi

Menurut US Patent No. 6387344, kondisi operasi pada prarancangan klorin dioksida ini adalah sebagai berikut :

- Temperatur = 50°C
- Tekanan = 0,7 atm
- Waktu reaksi = 1,45 jam
- Sifat reaksi = eksotermis, non adiabatik
- Konversi = 98%
- Rasio mol $\text{NaClO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ = 1 : 2,0218 : 0,5

II.2.3 Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembuatan klorin dioksida dari natrium klorat, hidrogen peroksida, dan asam sulfat dapat dituliskan sebagai berikut :



Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk menentukan sifat reaksi dan arah reaksi sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas reaksi standar ($\Delta H_{\text{R}}^{\circ}$) dan energi bebas Gibbs untuk pembentukan ($\Delta G_{\text{f}}^{\circ}$) dari reaktan dan produk. Kondisi reaksi dijaga pada temperatur 50°C.

1. Panas Reaksi Standar ($\Delta H_{\text{R}}^{\circ}$)

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan eksotermis atau endotermis, maka diperlukan perhitungan panas pembentukan standar pada 1 atm dan 298 K. Harga entalpi pembentukan standar ($\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$) masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel II.1 sebagai berikut :

Tabel II.1. Harga $\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$ pada suhu 298 K (Perry, 1999)

Komponen	($\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$) (kcal/mol)
NaClO ₃	-83,59
H ₂ O ₂	-45,16
H ₂ SO ₄	-193,69
ClO ₂	-24,7
Na ₂ SO ₄	-330,50
H ₂ O	-68,3174
O ₂	0

Jika $\Delta H^{\circ}_{\text{reaction}} < 0$ maka reaksi bersifat eksotermis dan pendingin dibutuhkan untuk menjaga suhu reaksi. Jika $\Delta H^{\circ}_{\text{reaction}} > 0$ maka reaksi bersifat endotermis dan pemanas dibutuhkan untuk menjaga suhu reaksi. Menurut Yaws (1999), $\Delta H^{\circ}_{\text{reaction}}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (II.3) :

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_{\text{reaction}} &= \Sigma(\Delta H_{\text{f}}^{\circ})_{\text{products}} - \Sigma(\Delta H_{\text{f}}^{\circ})_{\text{reactan}} \dots\dots\dots(\text{II-3}) \\
 &= (n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{ClO}_2 + n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{Na}_2\text{SO}_4 + n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{H}_2\text{O} + n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{O}_2) - \\
 &\quad (n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{NaClO}_3 + n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{H}_2\text{O}_2 + n.\Delta H_{\text{f}}^{\circ}\text{H}_2\text{SO}_4) \\
 &= ((2 \times (-24,7) + (-330,50) + (2 \times (-68,3174)) + 0) - (2 \times (-83,59) + \\
 &\quad (-45,16) + (-193,69)) \text{ kcal/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (-417,7348 \text{ kcal/mol}) - (-406,03 \text{ kcal/mol}) \\
 &= -11,7048 \text{ kcal/mol} \\
 &= -48,99 \text{ kJ/mol} \\
 &= -48.990 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Nilai $\Delta H^\circ_{\text{reaction}}$ menunjukkan nilai negatif, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi pembuatan klorin dioksida merupakan reaksi eksotermis (reaksi yang menghasilkan panas).

2. Perubahan Energi Gibbs Standar (ΔG_f°)

Untuk menentukan apakah reaksi pembuatan klorin dioksida termasuk reaksi bolak-balik (*reversible*) atau searah (*irreversible*), maka harus diketahui nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K). Harga ΔG_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel II.2 sebagai berikut :

Tabel II.2 Harga ΔG_f° pada suhu 298 K (Perry, 1999)

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol)
NaClO ₃	-275
H ₂ O ₂	-120,42
H ₂ SO ₄	-689,918
ClO ₂	-112,158
Na ₂ SO ₄	-1.269,849
H ₂ O	-237,141
O ₂	0

Nilai energi Gibbs (pada 1 atm dan 298 K) diperlukan saat menghitung nilai K. Menurut Yaws (1999) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (II.4):

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ_{\text{reaction}} &= \Sigma(\Delta G_f^\circ)_{\text{products}} - \Sigma(\Delta G_f^\circ)_{\text{reactan}} \dots \dots \dots \text{(II-4)} \\
 &= (n.\Delta G_f^\circ \text{ClO}_2 + n.\Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 + n.\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O} + n.\Delta G_f^\circ \text{O}_2) - \\
 &\quad (n.\Delta G_f^\circ \text{NaClO}_3 + n.\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}_2 + n.\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4) \\
 &= ((2 \times (-112,158)) + (-1.269,849) + (2 \times (-237,141)) + 0) - \\
 &\quad (2 \times (-275) + (-120,42) + (-689,918)) \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$= (-1519,815 \text{ kJ/mol}) - (-1360,338 \text{ kJ/mol})$$

$$= -159,477 \text{ kJ/mol}$$

$$= -159,477 \text{ J/mol}$$

Didapat nilai $\Delta G^\circ < 0$ sehingga reaksi dapat berlangsung ke kanan.

Nilai K menurut Smith and Van Ness (2001) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (II.5) dan (II.6) :

$$K_o = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) \dots\dots\dots(\text{II-5})$$

$$K_o = \exp\left(\frac{-(-159,477)}{8,314 \times 298,15}\right)$$

$$K_o = 8,8327 \times 10^{27}$$

$$\ln \frac{K}{K_o} = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right) \dots\dots\dots(\text{II-6})$$

$$\ln K = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right) + \ln K_o$$

$$\ln K = \frac{-(-48.990) \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \times \left(\frac{1}{323,15} - \frac{1}{298,15}\right) + 64,368$$

$$\ln K = 62,8390$$

$$K = 1,9526 \times 10^{27}$$

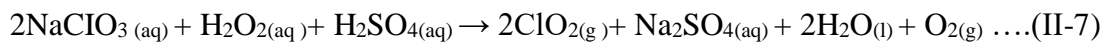
- Dengan :
- K = konstanta kesetimbangan pada 323,15 K
 - K_o = konstanta kesetimbangan pada suhu 298,15 K
 - T = 50 °C = 323,15 K
 - T_o = 25 °C = 298,15 K
 - ΔG° = pembentukan energi bebas Gibbs pada suhu 298,15 K
 - ΔH° = panas pembentukan standar pada suhu 298,15 K
 - R = 8,314 J/mol.K

Harga K pada suhu 323,15 K adalah $1,9526 \times 10^{27}$

Harga konstanta kesetimbangan reaksi (K) termasuk besar, sehingga reaksi bisa dianggap berjalan searah (*irreversible*).

II.2.4 Tinjauan Kinetika

Proses pembentukan klorin dioksida merupakan reaksi fase cair-cair. Reaksi ini berlangsung pada reaktor alir tangki berpengaduk. Reaksi utama pembentukan klorin dioksida dari natrium klorat, hidrogen peroksida, dan asam sulfat fase cair :



Berdasarkan Mingxin (2011), reaksi pembentukan klorin dioksida merupakan reaksi orde 7,49. Persamaan kecepatan reaksi antara klorin dioksida dengan hidrogen peroksida dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$\frac{d[\text{ClO}_2]}{dt} = k \times [\text{NaClO}_3]^\alpha \times [\text{H}_2\text{O}_2]^\beta \times [\text{H}_2\text{SO}_4]^\gamma \dots (\text{II-8})$$

Dengan, $[\text{NaClO}_3]$ = konsentrasi NaClO_3 , mol/L
 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ = konsentrasi H_2O_2 , mol/L
 $[\text{H}_2\text{SO}_4]$ = konsentrasi H_2SO_4 , mol/L

Dimana k sebagai konstanta kecepatan reaksi, $[\text{NaClO}_3]$, $[\text{H}_2\text{O}_2]$ dan $[\text{H}_2\text{SO}_4]$ merupakan konsentrasi molar dan α , β dan γ merupakan orde reaksi natrium klorat, hidrogen peroksida, dan asam sulfat. Konstanta kecepatan reaksi dapat dibuat persamaan sesuai hukum Arrhenius:

$$k = A \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \dots (\text{II-9})$$

Persamaan kinetika reaksi diatas dinyatakan dengan :

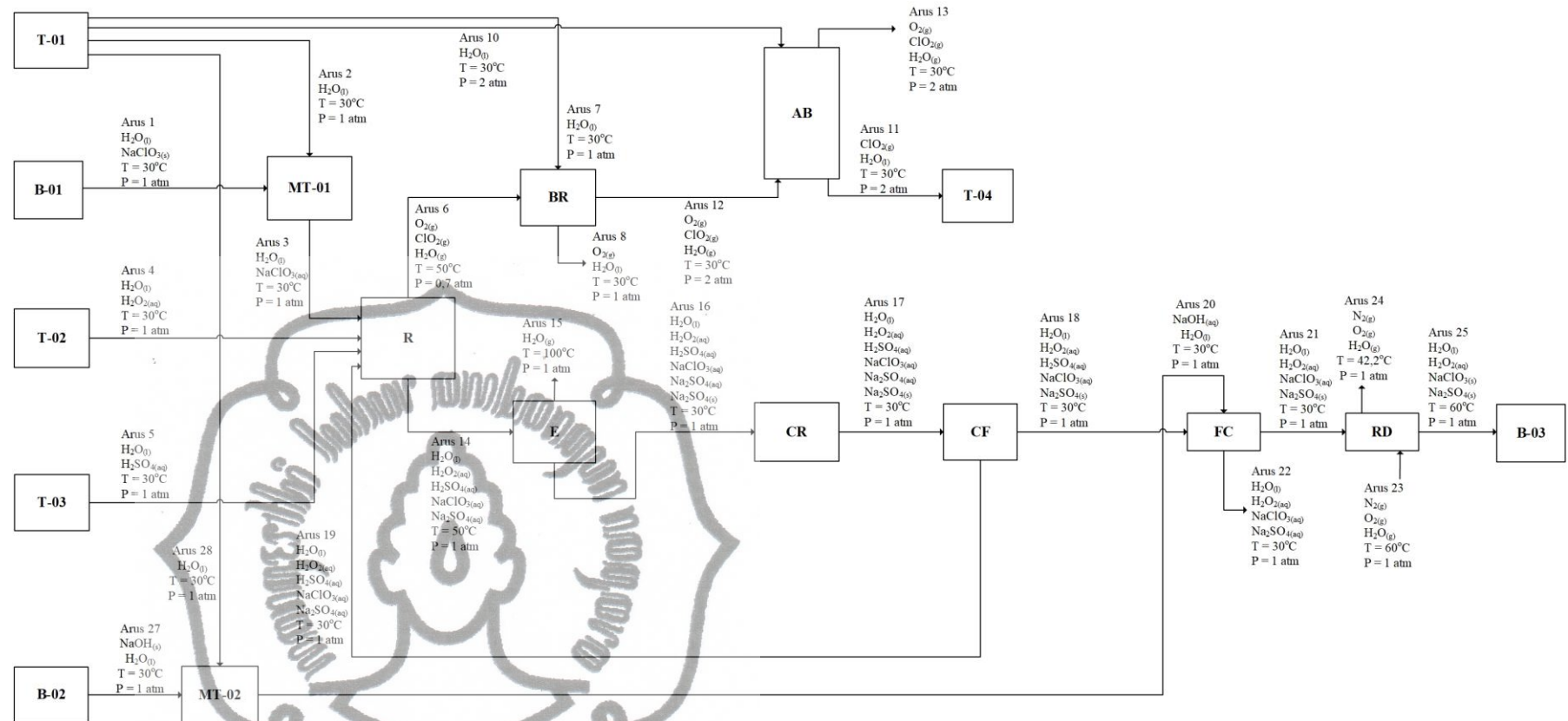
$$k = 2,651 \times 10^{12} \exp\left(\frac{-105,297}{8,314 \times 10^{-3} T}\right) \dots (\text{II-10})$$

Dimana, $E = 105,297 \text{ kJ/mol}$
 $A = 2,651 \times 10^{12}$
 $R = \text{ketetapan gas ideal } (8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K})$
 $T = \text{suhu (K)}$

Maka pada kondisi operasi reaktor, nilai k untuk $T = 323,15 \text{ K}$ adalah $k = 2,528 \times 10^{-5} \text{ L}^{6,49}/\text{mol}^{6,49} \cdot \text{jam}$

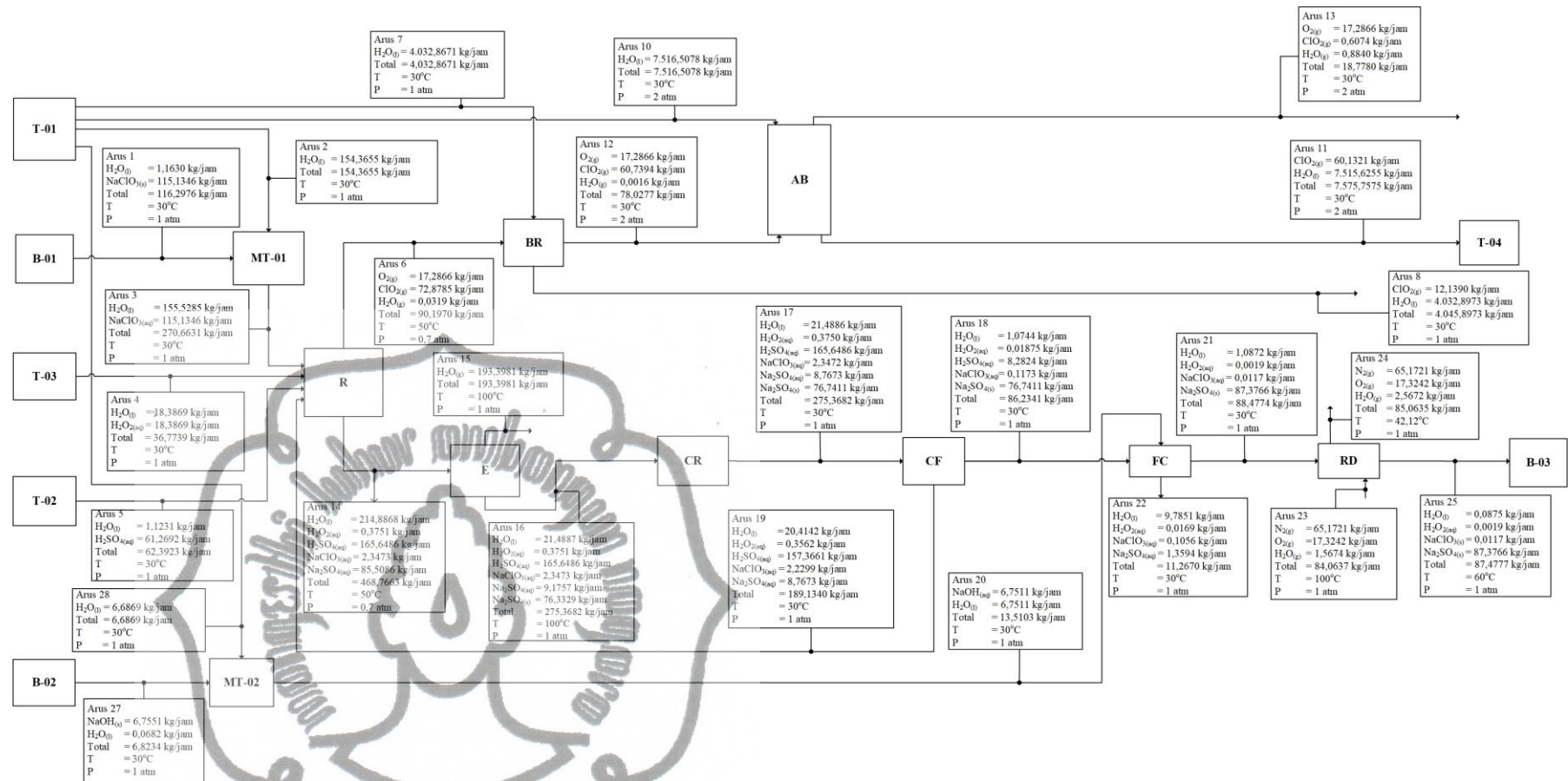
II.3 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

II.3.1 Diagram Alir Kualitatif



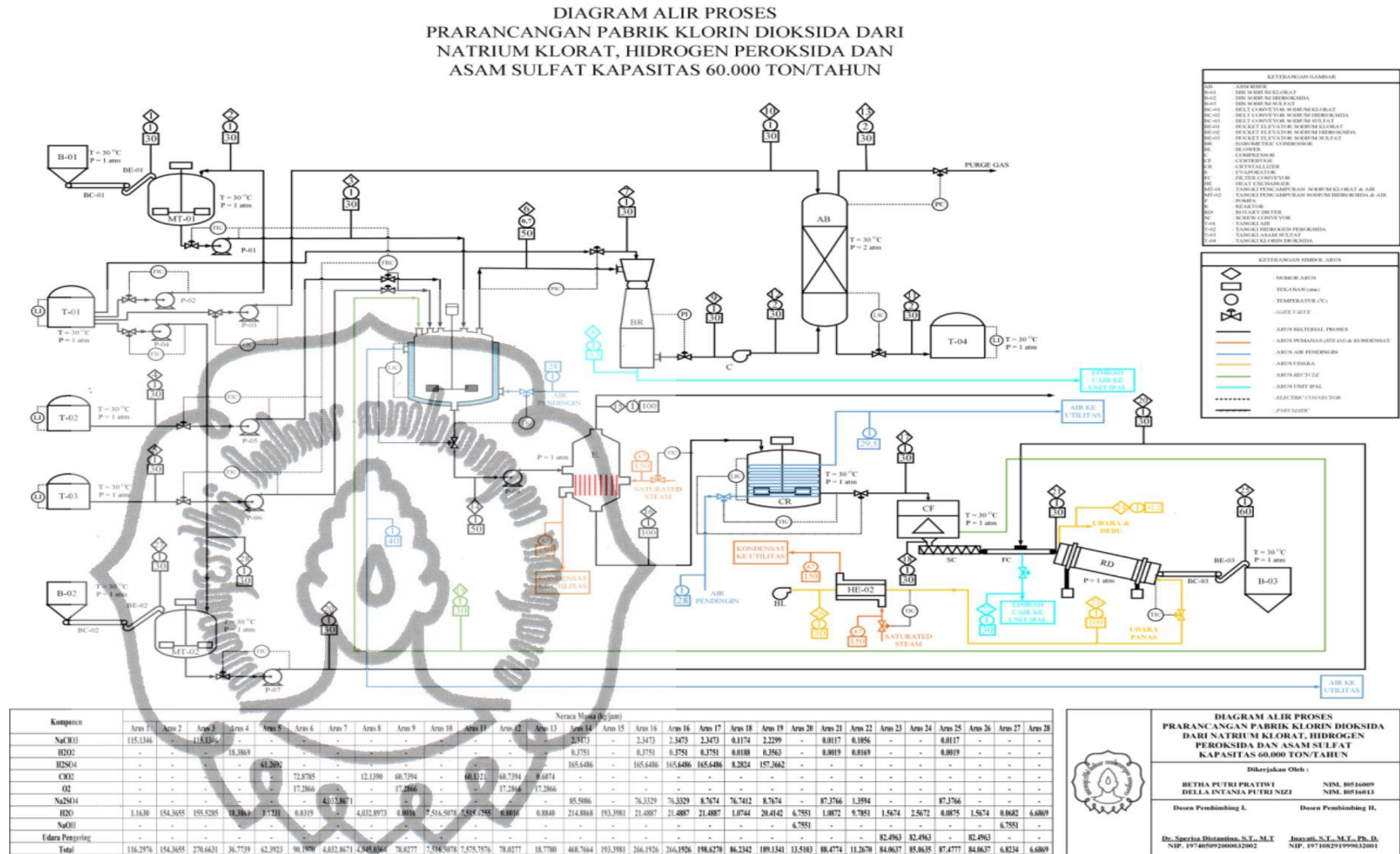
Gambar II.8 Diagram Alir Kualitatif

II.3.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar II.9 Diagram Alir Kuantitatif

II.3.3 Diagram Alir Proses



Gambar II.10 Diagram Alir Proses

II.3.4 Tahapan Proses

Proses produksi klorin dioksida dengan mereaksikan natrium klorat, hidrogen peroksida dan asam sulfat meliputi beberapa tahap:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Natrium Klorat

Natrium klorat dalam fase padatan diperoleh dari Shaanxi Xinyuronghe China disimpan di dalam *bin* (B-01). Natrium klorat ini memiliki kemurnian 99% dengan pengotor air 1%. Natrium klorat diumpankan oleh *belt conveyor* dan *bucket elevator* pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C ke *mixing tank* (MT-01). Di dalam *mixing tank*, natrium klorat dilarutkan dengan air (H_2O) pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C sehingga menjadi larutan natrium klorat konsentrasi 46%. Kemudian larutan tersebut diumpankan ke dalam reaktor (R).

b. Hidrogen Peroksida

Hidrogen peroksida yang diperoleh dari PT. Peroksida Indonesia Pratama disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Hidrogen peroksida yang digunakan memiliki kadar 50%. Dari tangki penyimpanan (T-02), hidrogen peroksida diumpankan ke dalam reaktor (R).

c. Asam Sulfat

Asam sulfat yang diperoleh dari PT. Timur Raya Tunggal disimpan dalam tangki penyimpanan (T-03) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Asam sulfat yang digunakan kemurniannya 98,2%. Dari tangki, asam sulfat diumpankan ke dalam reaktor (R).

2. Tahap Pembentukan Klorin Dioksida

Ketiga bahan baku diumpankan ke dalam reaktor dengan perbandingan mol $NaClO_3 : H_2O_2 : H_2SO_4 = 1 : 0,5 : 2,0218$. Reaksi berlangsung dalam fase cair dan bersifat eksotermis. Konversi yang dicapai pada reaksi ini sebesar 98% terhadap natrium klorat. Reaksi dijalankan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada keadaan isothermal 50°C. Dalam proses ini digunakan 1 RATB dengan waktu tinggal selama 87 menit. Reaktor beroperasi pada tekanan 0,7 atm. Untuk membuat tekanan vakum pada reaktor, digunakan *barometric condenser* (BR) untuk menghisap

gas dari reaktor. Reaksi di dalam reaktor eksotermis sehingga panas diserap oleh jaket pendingin reaktor dengan media berupa air pendingin.

Produk atas reaktor terdiri atas ClO_2 , O_2 , dan H_2O sedangkan produk bawah terdiri dari Na_2SO_4 dan sisa reaktan yang belum bereaksi. Produk atas akan dimurnikan di *absorber* (AB) sedangkan produk bawah dipurifikasi melalui *evaporator* (E), *crystallizer* (CR), *centrifuge* (CF) dan *rotary dryer* (RD).

3. Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Produk atas reaktor yang terdiri atas ClO_2 , O_2 , dan H_2O dihisap oleh *barometric condenser* untuk diproses di *absorber*. Absorben yang digunakan adalah air pada suhu 30°C . Pada proses ini diinginkan produk akhir klorin dioksida dengan kemurnian 0,8%. Hal ini disebabkan kelarutan klorin dioksida dalam air sangat rendah sehingga kemurnian produk pada fase cair cukup kecil. Produk keluaran *absorber* akan ditampung pada tangki penyimpanan klorin dioksida (T-04).

Produk bawah reaktor terdiri atas Na_2SO_4 dan sisa reaktan yang belum bereaksi. Dari hasil produk tersebut diinginkan kristal Na_2SO_4 dengan kemurnian 99,88%. Produk bawah reaktor perlu dihilangkan kandungan airnya dengan *evaporator* (E) sehingga larutan Na_2SO_4 menjadi larutan jenuh. Larutan Na_2SO_4 perlu didinginkan terlebih dahulu di *cooler* (HE-01) sebelum masuk ke tahap kristalisasi. Pendingin menggunakan *cooling water* yang disuplai dari unit utilitas. Larutan Na_2SO_4 keluaran HE-01 kemudian diumpankan ke *crystallizer* (CR) untuk proses kristalisasi Na_2SO_4 . Kristal yang terbentuk kemudian dipisahkan dari *mother liquor* menggunakan *centrifuge* (CF). Kristal Na_2SO_4 dibawa oleh *screw conveyor* (SC) menuju *filter spray conveyor* (FC) yang dilengkapi dengan sistem pencucian serta sistem filtrasi dengan *clothing wire*. Proses ini bertujuan untuk menetralkan kandungan H_2SO_4 ada pada kristal Na_2SO_4 . Pencucian menggunakan larutan NaOH sehingga H_2SO_4 dapat bereaksi dengan NaOH membentuk Na_2SO_4 dan air. Sebagian cairan keluar melalui lubang *clothing wire* dan sisanya menuju ke *rotary dryer* untuk dikeringkan. Pada *rotary dryer* terjadi penguapan air dan dihasilkan kristal Na_2SO_4 dengan kemurnian 99,88%. Proses pengeringan di *rotary dryer* menggunakan udara pengering bersuhu

100°C. Kemudian produk keluaran *rotary dryer* diumpankan ke *belt conveyer* (BC-03) dan *bucket elevator* (BE-03) untuk disimpan di dalam bin Na_2SO_4 (B-03).

II.4 Neraca Massa dan Neraca Panas

II.4.1 Neraca Massa

Produk : Klorin dioksida 0,8% berat
 Kapasitas : 60.000 ton/tahun
 Satu tahun produksi : 330 hari/tahun
 Basis perhitungan : 1 jam operasi
 Kapasitas perancangan per jam : $60.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$
 : 7.575,757 kg/jam

Neraca Massa Total

Tabel II.3 Jumlah Arus *Input* Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)								
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 5	Arus 7	Arus 10	Arus 23	Arus 27	Arus 28
H ₂ O	1,1630	154,3655	18,3869	1,1231	4.032,8671	7.516,5078	1,5674	0,0682	6,6869
H ₂ O ₂	-	-	18,3869	-	-	-	-	-	-
H ₂ SO ₄	-	-	-	61,2692	-	-	-	-	-
NaClO ₃	115,1346	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	-	-	-	-	-	-	-	6,7551	-
Udara Pengeriing	-	-	-	-	-	-	82,4963	-	-
Subtotal	116,2976	154.3655	36,7739	62,3923	4.032,8671	7.516,5078	84,0673	6,8234	6,6869
Total	12.016,7782								

Tabel II.4 Tabel Jumlah Arus *Output* Neraca Massa Total

Komponen	Output (kg/jam)						
	Arus 8	Arus 11	Arus 13	Arus 15	Arus 22	Arus 24	Arus 25
O ₂	-	-	17,2866	-	-	-	-
ClO ₂	12,1390	60,1321	0,6074	-	-	-	-
H ₂ O (g)	-	-	0,8840	193,3981	-	2,5672	-
H ₂ O (l)	4.032,8973	7.515,6255	-	-	9,7851	-	0,0875
H ₂ O ₂	-	-	-	-	0,0169	-	0,0019
NaClO ₃	-	-	-	-	0,1056	-	0,0117
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	1,3594	-	87,3766
Udara Pengeri	-	-	-	-	-	82,4963	-
Subtotal	4.045,0364	7.515,7575	18,7780	193,3981	11,2670	85,0635	87,4777
Total	12.016,7782						

II.4.2 Neraca Panas

Basis Perhitungan : 1 jam operasi

Suhu referensi : 25°C

Neraca Panas Total

Tabel II.5 Neraca Panas Total di Sekitar Pabrik

No.	Arus	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
1.	Q1	152.0145	
2.	Q2	3.234,5371	
3.	Q4	617,1615	
4.	Q5	461,8474	
5.	Q7	87.036,9533	
6.	Q10	162.220,5565	
7.	Q27	19,6031	
8.	Q28	140,1159	
9.	Arus <i>Steam</i> E	487.382,3104	
10.	Arus <i>Steam</i> HE-02	34.277,2113	
11.	Qreaksi R	249.781,4144	
12.	Qpelarutan AB	-0,0015	
13.	Qkristalisasi E	629,5355	
14.	Qkristalisasi CR	3,3672	
15.	Q8		88.309,1111
16.	Q11		162.409,6472
17.	Q13		92,4773
18.	Q15		60.698,5355
19.	Q22		222.5362
20.	Q24		10.116,0044
21.	Q25		4.913,6509
22.	Arus Pendingin Reaktor		223.130,9206
23.	Arus Pendingin CR		29.828,8635
24.	Qlaten E		424.052,0102
25.	Qkonveksi FC-01		22.182,8699
Total		1.025.956,6268	1.025.956,6268

II.5 *Layout* Peralatan dan Pabrik

II.5.1 *Layout* Peralatan

Layout peralatan pada pabrik klorin dioksida dapat dilihat pada gambar II.11. Menurut Vilbrandt (1959), beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *layout* peralatan proses pabrik klorin dioksida antara lain:

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan berpengaruh pada keuntungan ekonomi serta sebagai penunjang kelancaran dan keamanan produksi. Jika penempatan bahan baku dan produk jaraknya dekat dengan jalur transportasi maka pengeluaran dana untuk *material handling* akan semakin efisien.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar unit proses perlu diperhatikan agar para pekerja dapat terhindar dari akumulasi bahan-bahan kimia berbahaya.

3. Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan harus memadai, khususnya pada tempat-tempat proses yang dimungkinkan beresiko tinggi terjadinya bahaya. Dalam hal ini, perlu diberikan penerangan tambahan baik untuk proses maupun keselamatan.

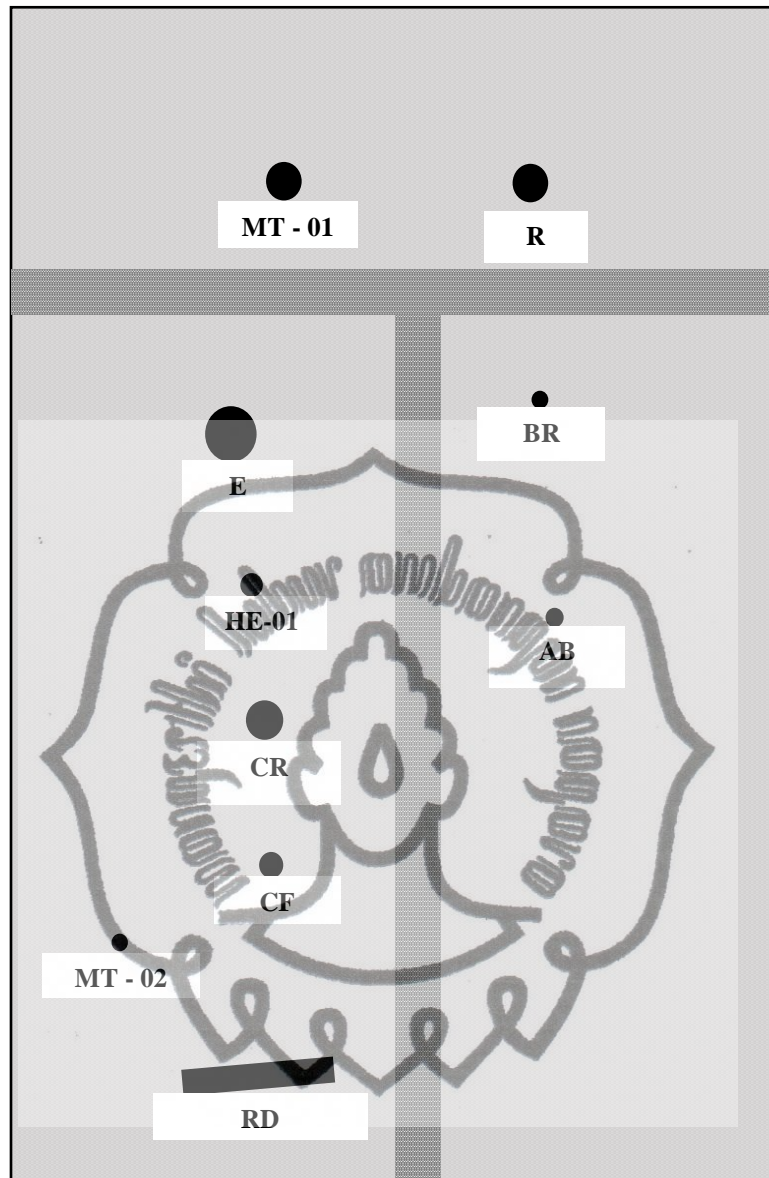
4. Lalu lintas manusia

Dalam perancangan, perlu diperhatikan agar seluruh peralatan proses dapat dicapai oleh para pekerja.

5. Pertimbangan ekonomi

6. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat proses harus mempertimbangan keselamatan kerja, sifat material, kondisi operasi alat proses, serta kemudahan untuk pekerja dalam melakukan pengecekan maupun perawatan.



Skala = 1 : 300

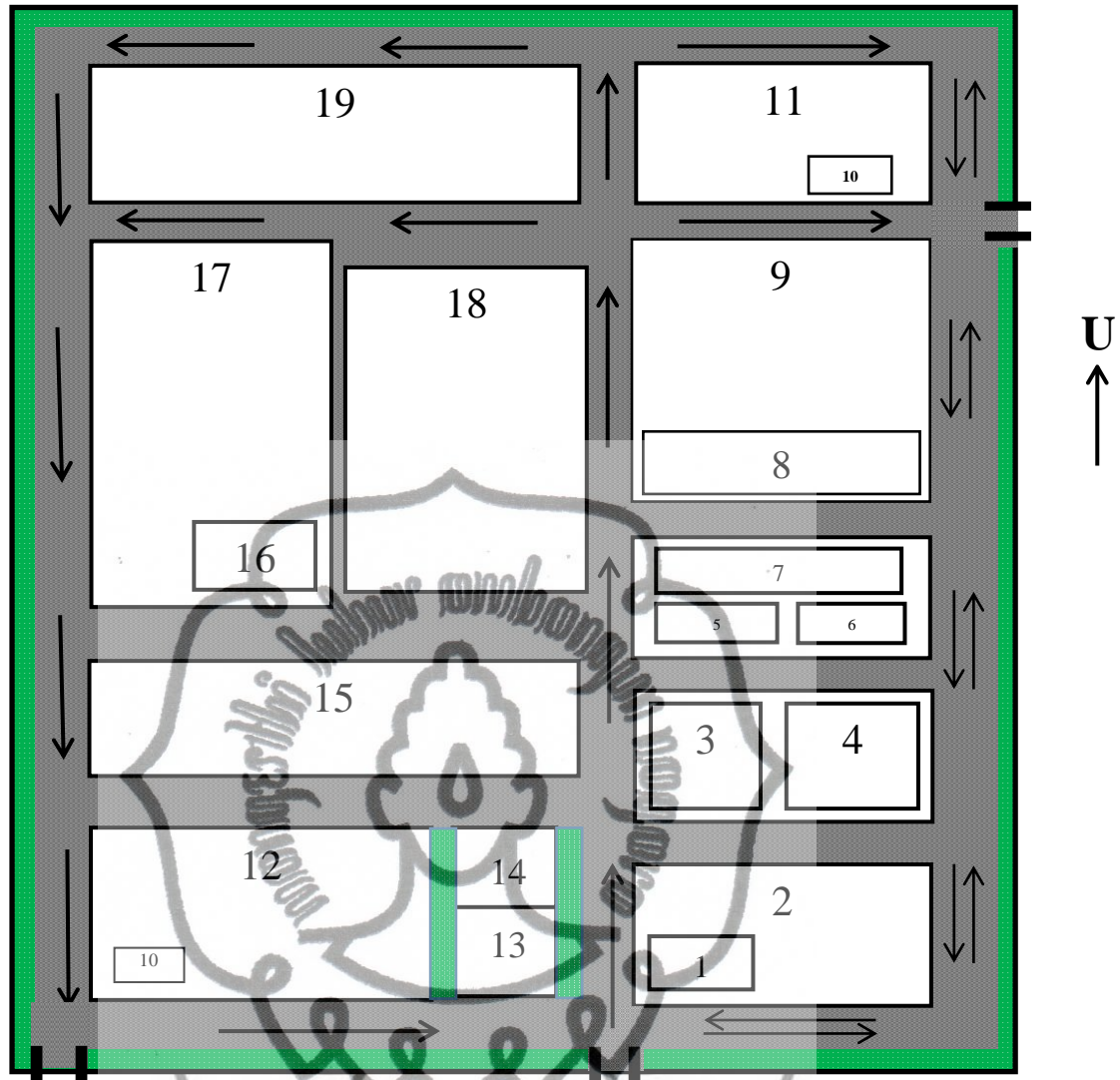
Keterangan:

MT-01 : *Mixing Tank 1*MT-02 : *Mixing Tank 2*R : *Reaktor*BR : *Barometric Condenser*AB : *Absorber*E : *Evaporator*CR : *Crystallizer*CF : *Centrifuge*RD : *Rotary Dryer*
 : *Jalan*
Gambar II.11 *Layout Peralatan Proses*

II.5.2 *Layout* Pabrik

Layout pabrik adalah pengaturan peletakan dari beberapa fasilitas-fasilitas di dalam pabrik. *Layout* yang tepat sangat penting agar dapat menunjang efisiensi dan menjaga keselamatan serta kelancaran para pekerja. *Layout* pabrik klorin dioksida dapat dilihat pada gambar II.12. Menurut Sinnot (2003), secara garis besar *layout* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. Zona penyimpanan bahan baku dan produk
Merupakan zona untuk tangki maupun bin bahan baku dan produk.
2. Zona proses
Merupakan zona dimana alat proses berada dan proses berlangsung.
3. Zona gudang
Zona ini dimanfaatkan untuk keperluan perawatan dan untuk kegiatan penyediaan suplai bahan baku.
4. Zona laboratorium
Laboratorium digunakan sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
5. Zona pos pemadam kebakaran serta layanan darurat
Zona ini berfungsi untuk mengatasi adanya kecelakaan seperti kebakaran, ledakan, atau kecelakaan-kecelakaan kerja lainnya.
6. Zona utilitas
Merupakan zona kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung.
7. Zona pengolahan limbah
Zona ini digunakan untuk mengolah limbah-limbah yang dihasilkan oleh pabrik sehingga limbah aman ketika dibuang ke lingkungan.
8. Zona perkantoran
Zona ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi.
9. Zona kantin, poliklinik, dan mushola
10. Zona parkir



Keterangan :

1. Pos Keamanan Utama
2. Tempat Parkir
3. Gudang
4. Bengkel & Perlengkapan
5. *Safety Room*
6. Poliklinik
7. Laboratorium
8. Pos Pemadam Kebakaran
9. Area Utilitas
10. Pos Keamanan

Skala 1:1.000

11. Unit Pengolahan Limbah (UPL)
12. Kantor & Aula
13. Kantin
14. Mushola
15. Garasi & Bongkar Muat
16. *Control Room*
17. Area Proses Produksi
18. Area *Storage*
19. Area Perluasan

Gambar II.12 *Layout* Kawasan Pabrik Klorin Dioksida