

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1. Spesifikasi Bahan dan Produk

2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

a) Benzil Klorida ($C_6H_5CH_2Cl$)

Benzil Klorida atau yang dikenal dengan sodium klorida adalah suatu larutan garam elektrolit yang berfungsi untuk mengatur jumlah air dalam tubuh. Natrium klorida sering digunakan dalam proses industri, dan merupakan sumber utama senyawa natrium dan klorin yang digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis kimia lebih lanjut. Berikut adalah spesifikasi dari natrium klorida menurut Pubchem (2020), diantaranya:

Berat molekul	= 126,58 g/mol
Titik beku	= -43 °C
Titik didih	= 179 °C
Bentuk	= Cair, tidak berwarna
Tekanan uap	= 1,23 mmHg pada 25 °C
Kemurnian	= 99%, 1 % Toluene
Kelarutan	= 0,525 g/l dalam air pada 25 °C
Viskositas	= 5.474 cP pada 25 °C
Densitas	= 1,1004 g/ml pada 20 °C
Cp	= 182,4 J/kmol.K pada 25 °C

b) Air (H_2O)

Spesifikasi dari Air (H_2O) menurut Perry (1997), diantaranya:

Wujud	= Cair
Warna	= Bening
Berat molekul	= 18,02 g/mol
Rumus molekul	= H_2O
Titik beku	= 0 °C
Titik didih	= 100 °C
Tekanan uap murni	= 760 mmHg
Kemurnian	= 100 %

Viskositas	= 0,179 cP
Densitas	= 0,997 f/ml pada 25 °C
Cp	= 76,023 J/kmol.K

2.1.2. Spesifikasi Produk

a) Benzil Alkohol ($C_6H_5CH_2OH$)

Spesifikasi dari Benzil Alkohol ($C_6H_5CH_2OH$) menurut Pubchem (2020), diantaranya:

Berat molekul	= 108,14 g/mol
Titik beku	= -15 °C
Titik didih	= 205 °C
Bentuk	= Cair, tidak berwarna
Kemurnian	= 99%
Kelarutan	= 42,9 g/l dalam air pada 25 °C
Viskositas	= 5,474 cP pada 25 °C
Densitas	= 1,0419 g/ml pada 24 °C
Cp	= 215,9 J/mol.K pada 25 °C

b) Asam Klorida (HCl)

Spesifikasi dari Asam Klorida (HCl) menurut Pubchem (2020), diantaranya:

Berat molekul	= 36,46 g/mol
Titik beku	= - 114,3 °C
Titik didih	= - 85 °C
Bentuk	= Cair, tidak berwarna
Kelarutan	= 67,3 g/l dalam air pada 30 °C
Densitas	= 1,18 g/ml pada 20 °C
Viskositas	= 0,405 cP

2.1.3. Spesifikasi Impuritas

a) Toluena (C₇H₈)

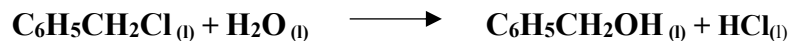
Spesifikasi dari Toluena (C₇H₈) menurut Pubchem (2020), diantaranya:

Berat molekul	= 92,14 g/mol
Titik beku	= -95 °C
Titik didih	= 111 °C
Bentuk	= Cair, tidak berwarna
Kelarutan	= 0,526 g/l dalam air pada 25 °C
Densitas	= 0,8623 g/ml pada 20 °C
Viskositas	= 0,560 cP pada 25 °C

2.2. Konsep Proses

2.1.1. Mekanisme Reaksi

Reaksi pembentukan C₆H₅CH₂OH dari C₆H₅CH₂Cl dan H₂O berdasarkan urutan mekanisme reaksi sebagai berikut:



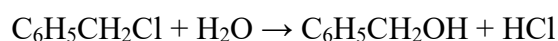
Benzil Klorida akan bereaksi dengan Air yang akan membentuk Benzil Alkohol dan Asam klorida terlebih dahulu. Reaksi Benzil dan Air menjadi sodium nitrat berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada temperatur 130°C dan tekanan 3 atm.

2.2.2. Kondisi Operasi

Reaksi pembentukan C₆H₅CH₂OH berlangsung pada fasa cair sehingga reaktor yang digunakan adalah jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaksi akan dijalankan di dalam reaktor secara isothermal. Reaksi dijalankan pada suhu 130°C dan tekanan 3 atm. Untuk menjaga suhu maka dimasukkan air pendingin pada jaket reaktor. Perbandingan mol reaktan C₆H₅CH₂Cl dan H₂O masuk reaktor 1:40 sehingga akan didapatkan konversi sebesar 85%.

a. Tinjauan Termodinamika

Reaksi yang terjadi pada pembentukan benzil alcohol yaitu reaksi utama:



Dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f^0) dan energy gibbs (ΔG_f^0) pada kondisi 1 atm dan temperature

298 K dari reaktan dan produk. Diketahui data panas pembentukan standar (ΔH_f^0) dan energy gibbs (ΔG_f^0) masing-masing komponen menurut Yaws, (1999) adalah sebagai berikut:

Komponen	ΔH_f^0	ΔG_f^0 (kJ/mol)
$C_6H_5CH_2Cl$	18,7	108,5
H_2O	-241,8	-228,6
$C_6H_5CH_2OH$	-100,4	-27,5
HCl	-92,3	-95,3

1) Panas Reaksi (ΔH_f^0)

Data panas pembentukan standar untuk menentukan sifat reaksi berjalan eksotermis atau endotermis. Persamaan yang digunakan untuk menentukan sifat reaksi adalah sebagai berikut:

$$\Delta H_f^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \dots \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^0 &= (\Delta H_f^0 C_6H_5CH_2OH + \Delta H_f^0 HCl) - (\Delta H_f^0 C_6H_5CH_2Cl + \Delta H_f^0 H_2O) \\ &= ((-100,4 + (-92,3)) - (18,7 + (-241,8))) \text{ kJ/mol} \\ &= 30,4 \text{ kJ/mol} = 30.400 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut menunjukkan harga entalpi pembentukan ΔH_f^0 $C_6H_5CH_2OH$ bernilai positif sehingga reaksi utama yang berlangsung adalah reaksi endotermis.

2) Energi bebas Gibbs (ΔG_f^0)

Untuk menentukan konstanta keseimbangan reaksi pada suhu operasi dapat dilakukan melalui energi gibbs standar (ΔG_{298}). $\Delta G_f = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan}$.

$$\begin{aligned} &= (\Delta G_f^0 C_6H_5CH_2OH + \Delta G_f^0 HCl) - (\Delta G_f^0 C_6H_5CH_2Cl + \Delta G_f^0 H_2O) \\ &= (-27,5 + (-95,3)) - (-108,5 + (-228,6)) \\ &= -2,7 \text{ kJ/mol} = -2700 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta G_f = -R T \ln K$$

$$\ln K = \frac{-\Delta G_f}{RT}$$

Dimana:

ΔG_f = Energi bebas Gibbs pembentukan (J/mol)

R = Konstanta gas universal (8,314 J/mol K)

K = Konstanta keseimbangan reaksi

T = Temperatur reaksi (K)

Maka,

$$\ln K = \frac{2700 \text{ J/mol}}{\left(8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right) \left(298 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right)}$$

$$K = 2,9736$$

Sehingga harga K pada suhu operasi 403 K dapat dihitung dengan persamaan:

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K}{2,9736} = \frac{-30.400}{8,314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{403} \right)$$

$$\begin{aligned} K_{403} &= K_{298} \exp \left[\frac{-30.400}{8,314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{403} \right) \right] \\ &= 2,9736 \times \exp \left[\frac{-30.400}{8,314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{403} \right) \right] = 8,70 \end{aligned}$$

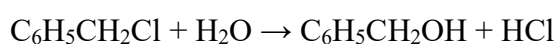
$$\Delta G_{403} = -RT \ln K_{403} = -8,314 \text{ J/mol.K} \times 403 \text{ K} \times \ln 8,70$$

$$= -7249,40 \text{ J/mol}$$

Dari perhitungan nilai K sebesar 8,70 yang berarti kesetimbangan cenderung ke arah produk. ΔG_{403} bernilai negatif sehingga reaksi berlangsung secara spontan.

b. Tinjauan Kinetika Reaksi

Dilihat dari reaksi pembentukan benzil alkohol yaitu reaksi utama:



Konstanta laju reaksi ini keduanya dihubungkan oleh kesetimbangan yaitu laju pembentukan = laju penghilangan. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde satu semu terhadap konsentrasi benzil alkohol. Oleh karena itu, kecepatan reaksi dianggap mengikuti bentuk persamaan kinetika $r = kC_1^2$, sehingga pada keadaan setimbang kecepatannya adalah:

$$r_c = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Karena C_A atau H_2O yang digunakan sangat banyak maka reaksi berorder 1 semu terhadap $\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}$, sehingga:

$$r_c = k' \cdot C_A$$

$$C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k' \cdot C_{A0} \cdot (1 - X_A)$$

$$\int_0^{x_c} \frac{dX_A}{dt} = k' \cdot \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{1}{1 - X_A} \times \frac{1}{t}$$

Keterangan:

r_c : Kecepatan reaksi pembentukan $C_6H_5CH_2OH$ (kmol/(m³.jam))

k' : Konstanta kecepatan reaksi (jam)

C_A : Konsentrasi $C_6H_5CH_2Cl$ (kmol/m³)

Diketahui: Konversi 85% dengan selektivitas C_7H_8O 91% pada waktu tinggal 10 menit. Maka perhitungan rumus menurut Buysch, (1999) diantaranya:

$$k' = \ln \frac{1}{1 - X_C} \times \frac{1}{t}$$

$$k' = \ln \frac{1}{1 - 0,85} \times \frac{1}{10 \text{ menit}}$$

$$k' = \ln \frac{1,48501 \times 10^{-1}}{\text{menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}}$$

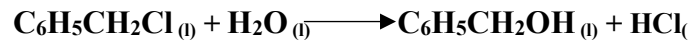
$$k' = 11,3827199 \text{ jam}$$

2.3. Langkah Proses

a. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku benzil klorida yang berasal dari Shijiazhuang Xinlongwei Chemical Co., Ltd., China disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada suhu 30°C. Bahan baku benzil klorida dialirkan dan dinaikkan tekanan menjadi 2 atm menggunakan pompa (P-01) menuju pencampuran pertama dengan recycle sehingga suhu campuran menjadi 60,74 °C. Bahan baku air dari utilitas dipompa (P-02) menuju heat exchanger (HE-01) untuk proses pemanasan dari suhu 30 oC menjadi 118,03 °C. Selanjutnya, air yang telah dipanaskan terjadi pencampuran kedua dengan benzil klorida dan recycle dan didapat suhu campuran 112,51 °C. Sebelum masuk reaktor suhu campuran dinaikkan suhunya menjadi 130 °C di heater (H-01) dan dinaikkan tekanannya menjadi 4 atm menggunakan pompa (P-03).

b. Tahap Reaksi



Campuran benzil klorida dan air diumpankan ke dalam reaktor (R-01). Reaksi berlangsung dalam fasa cair pada suhu 130°C pada 4 atm dengan nilai perbandingan mol benzil klorida dan air (1:40). Reaksi bersifat endotermis dengan kondisi reaksi isothermal, sehingga untuk menjaga suhu di reaktor diengkapi dengan jaket pemanas. Reaksi menghasilkan produk berupa benzil alkohol dan asam klorida.

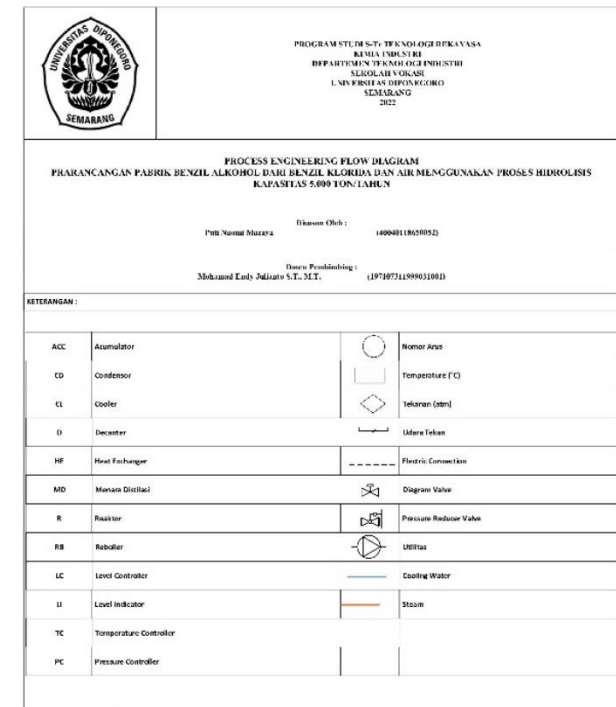
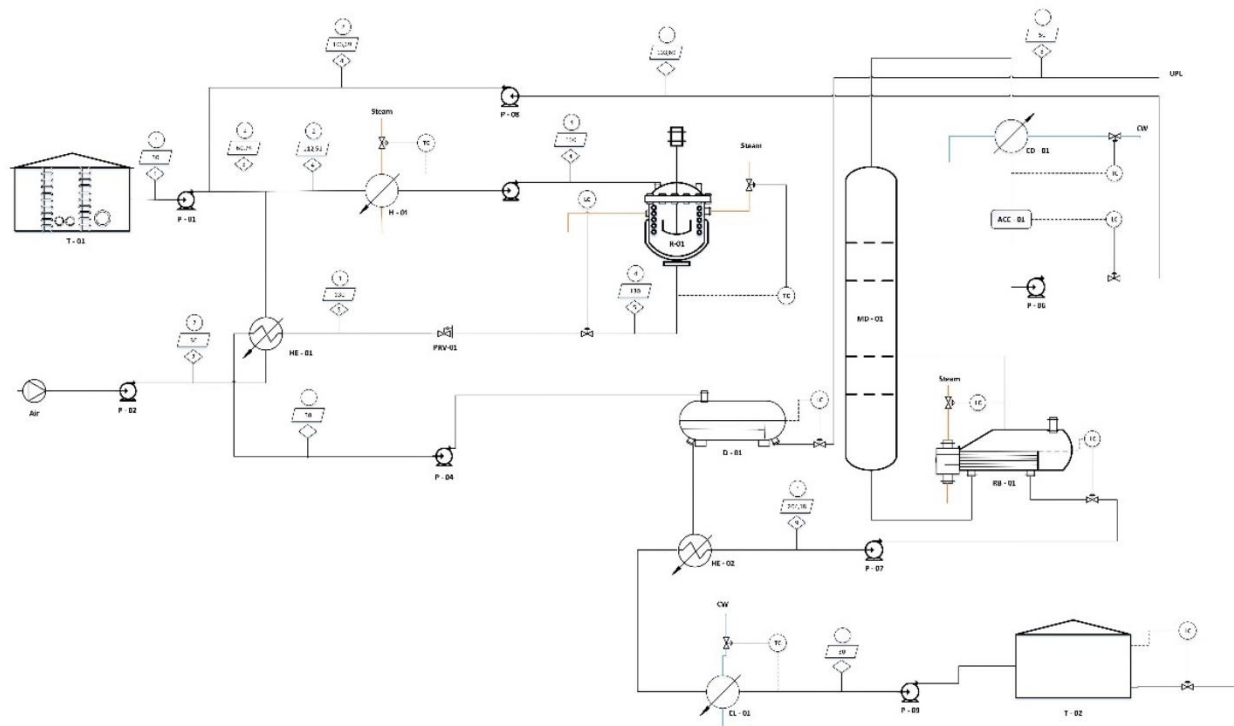
c. Tahap Pemurnian

Produk dari reaktor berupa larutan dipisahkan pada dekanter (D-01). Sebelum masuk ke dekanter dilakukan pendinginan dengan heat exchanger (HE-01) hingga 50 °C. Produk cair yang masuk dekanter (D-01) akan terpisah antara fasa berat dan ringan. Fasa ringan berupa asam klorida, benzil alkohol, toluena dan air sedangkan fasa berat nya berupa benzil alkohol, benzil klorida, benzil diklorida, dan air. Fasa ringan akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL) lalu fasa berat akan dipanaskan sampai suhu 119 °C pada heat exchanger (HE-02) sebelum dialirkan menuju menara destilasi (MD-01).

Setelah itu produk akan diumpankan ke dalam menara destilasi (MD-01). MD-01 bertujuan untuk memisahkan air dan benzil klorida yang masih terbawa dalam produk

2.4. Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK BENZIL ALKOHOL DARI BENZIL KLO RIDA DAN AIR MENGGUNAKAN PROSES HIDROLISIS KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN



Gambar 2.1. PFD Benzil Alkohol Kapasitas 5.000 Ton/Tahun

2.5. Neraca Massa dan Neraca Panas

2.5.1. Neraca Massa

Hasil perhitungan neraca massa pada prarancangan pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Air dengan kapasitas produksi 5.000 ton/tahun diuraikan sebagai berikut.

Kapasitas produksi : 5.000 ton/tahun

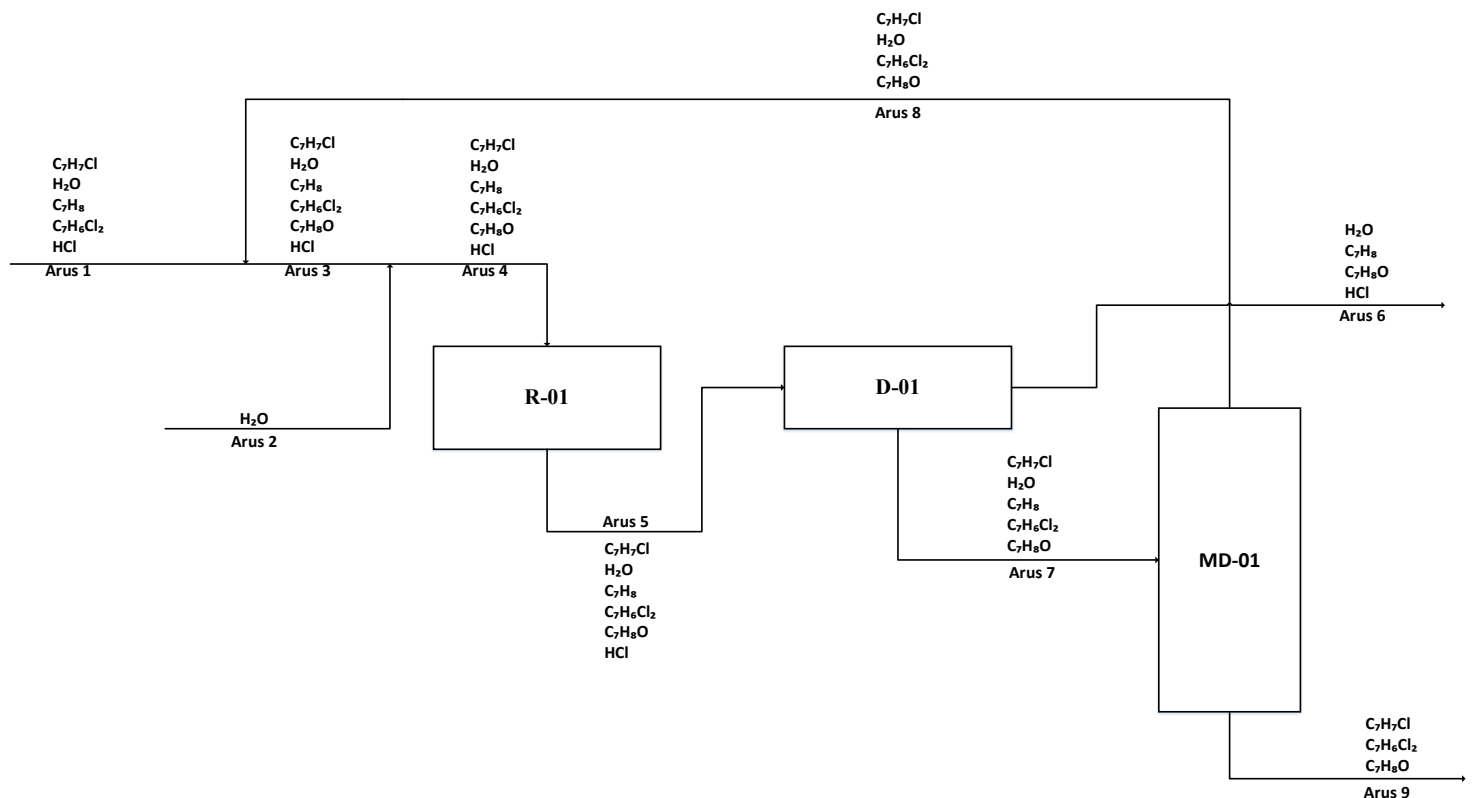
Waktu operasi per tahun : 330 hari

Waktu operasi per hari : 24 jam

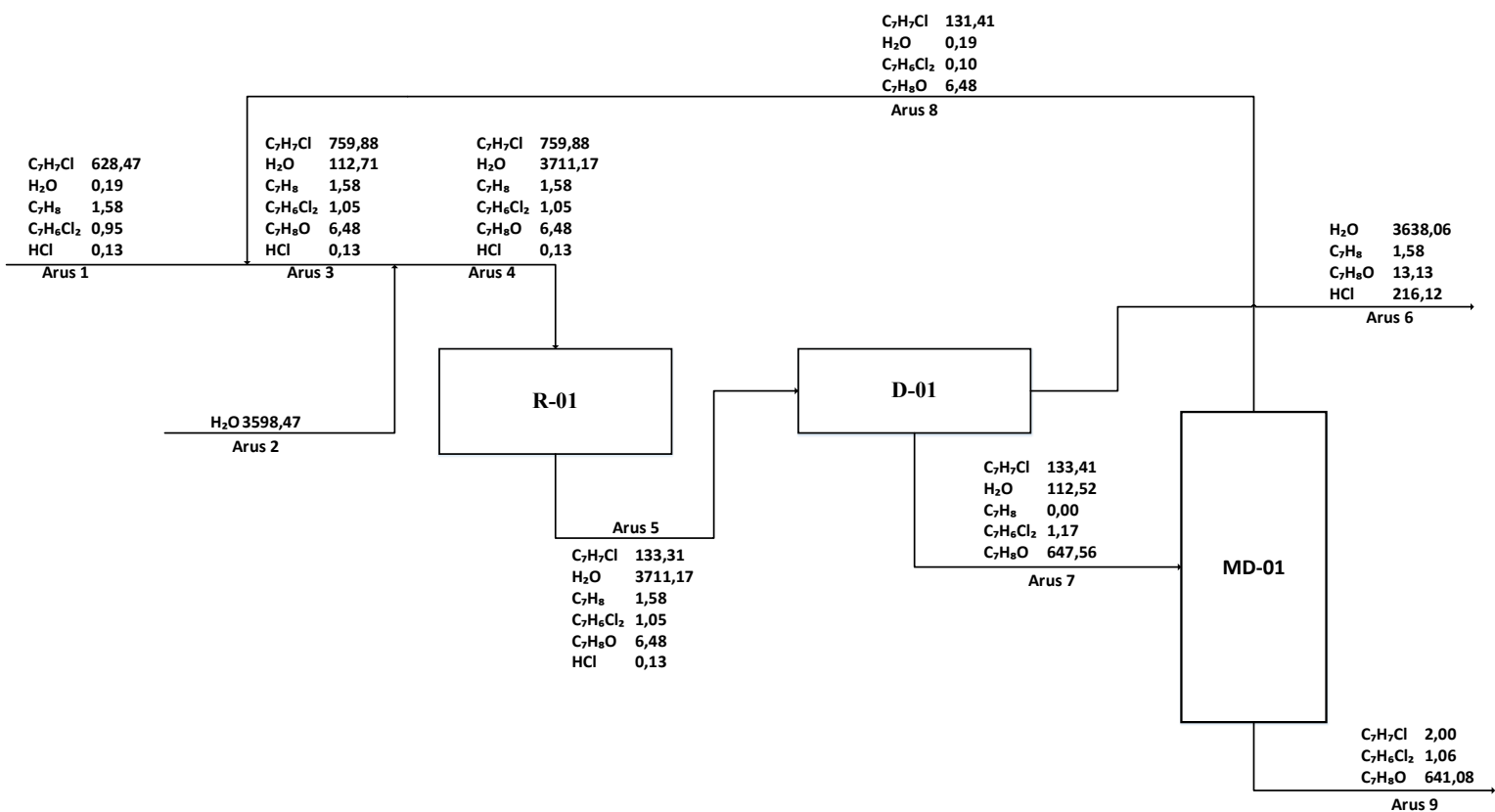
Basis perhitungan : 1 jam operasi

Kapasitas Produksi : $5.000 \frac{\text{ton}}{\text{Tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$

: 631,31 kg/jam



Gambar 2.2. Diagram Alir Kualitatif Neraca Massa Benzil Alkohol



Gambar 2.3. Diagram Alir Kuantitatif Neraca Massa Benzil Alkohol

2.5.1.1. Neraca Massa pada Titik Pencampuran 1

Neraca massa pada Reaktor dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Neraca Massa Pencampuran 1

	Komponen	Masuk		Keluar
		Arus 1	Arus 8	Arus 3
Pencampuran 1	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	628,47	131,41	759,88
	H ₂ O	0,19	112,52	112,71
	C ₇ H ₈	1,58	0,00	1,58
	C ₇ H ₆ Cl ₂	0,95	0,10	1,05
	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	6,48	6,48
	HCl	0,13	0,00	0,13
	Total	631,31	250,50	881,81

2.5.1.2. Neraca Massa pada Titik Pencampuran 2

Neraca massa pada Reaktor dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Neraca Massa Pencampuran 2

	Komponen	Masuk		Keluar
		Arus 2	Arus 3	Arus 4
Pencampuran 2	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	0,00	759,88	759,88
	H ₂ O	3598,47	112,71	3711,17
	C ₇ H ₈	0,00	1,58	1,58
	C ₇ H ₆ Cl ₂	0,00	1,05	1,05
	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	6,48	6,48
	HCl	0,00	0,13	0,13
	Total	3598,47	881,81	4480,28

2.5.1.3. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Neraca massa pada decanter dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Neraca Massa Reaktor (R-01)

	Komponen	Masuk	Keluar
		Arus 4	Arus 5
Reaktor-01 (R-01)	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	889,41	133,41
	H ₂ O	3711,17	3750,58
	C ₇ H ₈	1,58	1,58
	C ₇ H ₆ Cl ₂	1,05	1,17
	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	6,48	660,69
	HCl	0,13	216,12
	Total	4609,81	4609,81

2.5.1.4. Neraca Massa Dekanter (D-01)

Neraca massa pada Evaporator dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Neraca Massa Dekanter (D-01)

	Komponen	Masuk	Keluar	
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
Dekanter – 01 (D - 01)	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	133,41	0,00	133,41
	H ₂ O	3750,58	3638,06	112,52
	C ₇ H ₈	1,58	1,58	0,00
	C ₇ H ₆ Cl ₂	1,17	0,00	1,17
	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	660,69	13,13	647,56
	HCl	216,12	216,12	0,00
Total		4763,54	3868,89	894,65

2.5.1.5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Neraca massa pada Evaporator dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

	Komponen	Masuk	Keluar	
		Arus 7	Arus 8	Arus 9
Distilasi – 01 (MD - 01)	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	133,41	131,41	2,00
	H ₂ O	112,52	112,52	0,00
	C ₇ H ₈	0,00	0,00	0,00
	C ₇ H ₆ Cl ₂	1,17	0,10	1,06
	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	647,56	6,48	641,08
	HCl	0,00	0,00	0,00
Total		894,65	250,50	644,15

2.5.1.6. Neraca Massa Overall

Neraca massa pada Overall dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Neraca Massa Overall

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 1	Arus 2	Arus 6	Arus 9
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	628,47	0,00	0,00	2,00
H ₂ O	0,19	3598,47	3638,06	0,00
C ₇ H ₈	1,58	0,00	1,58	0,00
C ₇ H ₆ Cl ₂	0,95	0,00	0,00	1,06
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	0,00	13,13	641,08
HCl	0,13	0,00	216,12	0,00
Total	4229,78		4229,78	

2.5.2. Neraca Panas

2.5.2.1. Neraca Panas pada Titik Pencampuran 1

Neraca panas pada titik pencampuran 1 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Neraca Panas Pencampuran 1

Komponen	Masuk		Keluar
	Arus 1	Arus 8	Arus 3
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	4684,00	13664,80	41015,14
H ₂ O	3,97	41326,86	16840,26
C ₇ H ₈	13,54	0,00	98,32
C ₇ H ₆ Cl ₂	5,57	8,22	44,71
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	459,93	96,02
HCl	2,07	0,00	16,07
Total	4709,15	55459,81	58110,51

2.5.2.2. Neraca Panas pada Titik Pencampuran 2

Neraca massa pada titik pencampuran 2 dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Neraca Massa Pencampuran 2

Komponen	Masuk		Keluar
	Arus 2	Arus 3	Arus 4
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	0,00	41015,14	102729,50
H ₂ O	1401452,81	16840,26	1358830,17
C ₇ H ₈	0,00	98,32	248,07
C ₇ H ₆ Cl ₂	0,00	44,71	112,03
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	96,02	329,03
HCl	0,00	16,07	45,64
Total	1401452,81	58110,51	1462294,44

2.5.2.3. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-01)

Neraca massa pada heat exchanger dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Neraca Massa Heat Exchanger (HE-01)

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 2	Arus 5	Arus 2	Arus 5
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	0,00	21813,76	0,00	5014,44
H ₂ O	75465,13	1651200,88	1401452,81	392356,11
C ₇ H ₈	0,00	301,04	0,00	68,39
C ₇ H ₆ Cl ₂	0,00	150,44	0,00	34,56
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,00	44114,85	0,00	6284,53
HCl	0,00	98797,13	0,00	18685,72
Total	75465,13	1816378,09	1401452,81	422443,76

2.5.2.4. Neraca Panas pada Heater (H-01)

Neraca panas pada Heater dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Neraca Panas Heater (H-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 4	Arus 4
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	102729,50	124246,30
H ₂ O	1358830,17	1633853,89
C ₇ H ₈	248,07	301,04
C ₇ CH ₆ Cl ₂	112,03	135,47
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	329,03	432,38
HCl	45,64	57,72
Bebas Steam	296732,37	-
Total	1759026,81	1759026,81

2.5.2.5. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Neraca panas pada reaktor dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 4	Arus 5
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	145425,05	21813,76
H ₂ O	1698747,86	1651200,88
C ₇ H ₈	301,04	301,04
C ₇ CH ₆ Cl ₂	150,44	150,44
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	847,38	44114,85
HCl	57,72	98797,13
Sub Total	1845529,49	1816378,09
Panas Reaksi	-	182398,84
Beban Steam	153247,45	-
Total	1998776,94	1998776,94

2.5.2.6. Neraca Panas pada Dekanter (D-01)

Neraca panas pada Dekanter (D-01) dapat dilihat pada tabel 2.12

Tabel 2.12. Neraca Panas Dekanter (D-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	5014,44	0,00	5014,44
H ₂ O	392356,11	380585,43	11770,68
C ₇ H ₈	68,39	68,39	0,00
C ₇ CH ₆ Cl ₂	34,56	0,00	34,56
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	6284,53	124,87	6159,67
HCl	18685,72	18685,72	0,00
Total	422443,76	399464,41	22979,35

2.5.2.7. Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-01)

Neraca panas di Heat Exchanger (HE-01) dapat dilihat pada tabel 2.13

Tabel 2.13. Neraca Panas Heat Exchanger (HE-01)

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 7	Arus 9	Arus 7	Arus 9
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	5014,44	580,11	19431,29	162,66
H ₂ O	11770,68	0,00	44284,43	0,00
C ₇ H ₈	0,00	0,00	0,00	0,00
C ₇ CH ₆ Cl ₂	34,56	242,72	134,03	68,22
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	6159,67	99015,45	36598,38	16149,44
Total	22979,35	99838,28	100448,12	16380,32

2.5.2.8. Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Neraca panas di Menara Distilasi (MD-01) dapat dilihat tabel 2.14

Tabel 2.14. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	8566,16	13664,80	580,11
H ₂ O	44184,23	41326,86	0,00
C ₇ H ₆ Cl ₂	58,70	8,22	242,72
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	114272,56	459,93	99015,45
Sub Total	167081,65	55459,81	99838,28
Reboiler	29981,95	0	0
Condenser	0	41765,52	
Total	197063,60	197063,60	

2.5.2.9. Neraca Panas pada Cooler (CI-01)

Neraca Panas di Cooler (CI-01) dapat dilihat pada tabel 2.15

Tabel 2.15. Neraca Panas di Cooler (CI-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 9	Arus 9
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	162,66	14,91
H ₂ O	0,00	0,00
C ₇ H ₆ Cl ₂	68,22	6,25
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	16149,44	1014,49
Beban Cooling	-	15344,67
Water	162,66	14,91
Total	16380,32	16380,32

2.6. Tata Letak Pabrik dan Alat Proses

2.6.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah elemen dasar penting untuk kelancaran proses produksi terutama dalam menentukan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi. Tata letak pabrik meliputi perencanaan tata letak area proses dan fasilitas pabrik. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk meminimalkan total biaya yang terdiri dari biaya konstruksi perpindahan material, perpindahan produksi, perawatan dan penyimpanan barang. Pabrik Benzil Alkohol kapasitas 5.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) yang terletak di Kabupaten Gresik. Dalam menentukan tata

letak pabrik perlu memperhatikan safety hazard untuk menciptakan keamanan, kenyamanan serta keselamatan proses.

Secara garis besar *lay out* dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu (Vilbrand, 1959):

1. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control.

- Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran proses.
- Laboratorium dan ruang control sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produksi yang akan dijual.

2. Daerah proses

Merupakan daerah dimana alat proses diletakan dan proses berlangsung. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk merupakan daerah untuk tempat bahan baku dan produk. Daerah gudang, bengkel dan garasi Merupakan daerah yang digunakan. untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.

3. Daerah Penunjang

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses seperti penyediaan air, steam, media pendingin dan tenaga listrik berlangsung dipusatkan.

4. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Daerah ini difungsikan sebagai pusat pengendali proses, kuantitas dan kualitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual. Daerah ruang kontrol merupakan pusat kontrol/pengendali jalannya proses yang diinginkan atau diharapkan, sedangkan ruangan laboratorium difungsikan untuk mengontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses. Daerah Laboratorium dan ruang kontrol diletakan di dekat daerah proses guna mempercepat akses apabila terjadi suatu masalah yang berkaitan dengan proses

5. Daerah Utilitas dan Pengolahan Limbah

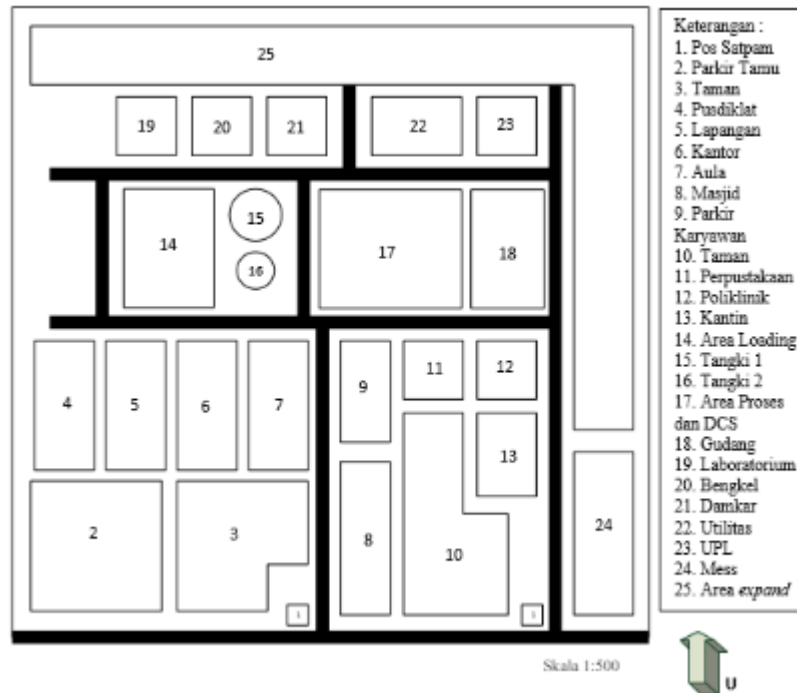
Daerah utilitas adalah tempat untuk penyediaan keperluan yang menunjang berjalannya proses produksi berupa penyediaan air, steam, listrik. Daerah utilitas ini ditempatkan dekat dengan daerah proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis. Daerah pengolahan limbah merupakan daerah untuk pembuangan serta pengolahan limbah hasil proses produksi.

6. Daerah Pemeliharaan

Daerah pemeliharaan merupakan tempat disimpannya suku cadang peralatan proses dan tempat untuk melakukan perbaikan, pemeliharaan atau perawatan semua alat yang dipakai untuk proses

Tabel 2.16. Skala Pabrik Benzil Alkohol

No	Bangunan	Ukuran	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	2 x 5 x 5	50
2	Taman	10 x 50	500
3	Tempat Parkir	10 x 20	200
4	Tuang Control	4 x 12,5	50
5	Gudang	10 x 20	200
6	Kantor	30 x 30	900
7	Musholla	10 x 15	150
8	Kantin	10 x 20	200
9	Poliklinik	10 x 5	50
10	Laboratorium	10 x 5	50
11	Denah Proses	100 x 100	10.000
12	Bengkel	10 x 10	100
13	K3 & Fire Safety	10 x 10	100
14	Area Pengembangan	20 x 100	2.000
15	Daerah Utilitas	10 x 60	600
16	Perpusatakaan	10 x 10	100
17	Unit Pengolahan Limbah	10 x 20	200
18	Cafetaria	10 x 20	200
Jumlah			10.000



Gambar 2.4. Tata Letak Wilayah Pabrik Benzil Alkohol

Keterangan :

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Kantor Keamanan | 10. Poliklinik |
| 2. Taman | 11. Fire Station dan Safety (K3) |
| 3. Jalan Pabrik | 12. Kantin dan Koperasi Karyawan |
| 4. Kantor Pusat | 13. Gudang Alat dan Bengkel |
| 5. Perpustakaan dan Diklat | 14. Area Penyimpanan |
| 6. Ruang Kontrol | 15. Area Perluasan Pabrik |
| 7. Laboratorium dan Pengendalian Mutu | 16. Area Pengolahan Limbah |
| 8. Area Parkir | 17. Area Utilitas |
| 9. Masjid | 18. Area Proses |

2.6.2. Tata Letak Alat Proses

Dalam menentukan layout pabrik, area proses produksi ini perlu ditetapkan terlebih dahulu. Dalam menentukan tata letak peralatan proses terdapat beberapa pertimbangan kriteria yang perlu diperhatikan yaitu:

1) Jarak antar alat proses

Jarak antar peralatan proses utama berjarak sekitar 20-30m, dengan alat-alat pendukung diletakkan diantaranya. Bila bersifat high risk (misal mudah meledak / terbakar hebat) jaraknya bisa lebih jauh lagi. Storage tank yang high risk letaknya harus cukup jauh/terpisah dari unit-unit lainnya

2) Operasi

Peralatan proses yang memerlukan pengawasan intensif operator harus diletakkan di posisi yang mudah diakses/ dekat dengan ruang kontrol. Alat-alat seperti valve, titik sampling, serta instrumen kontrol juga harus diletakkan pada posisi atau tempat yang mudah dijangkau.

3) Lalu lintas manusia

Dalam perancangan lay out, Tentunya perlu adanya perhitungan jalan akses ke unit-unit produksi atau utilitas guna mempermudah saat pembangunan, operasional, serta perawatan dan perbaikan alat. Contohnya alat penukar panas ditempatkan di tempat yang memungkinkan bundel tubenya bisa dikeluarkan untuk membersihkan keraknya.

4) Aliran Udara

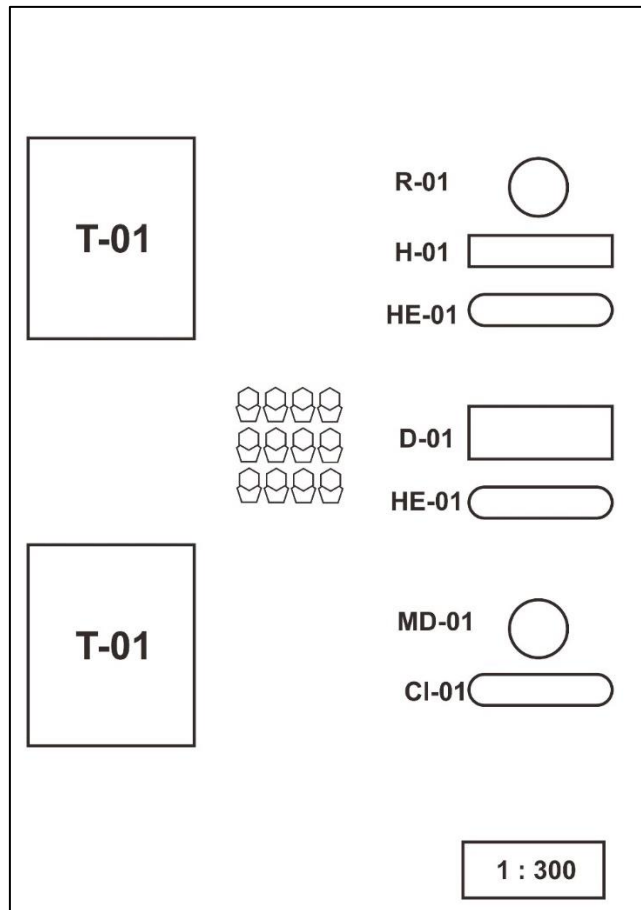
Aliran udara disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat mengakibatkan pembahayaan dalam keselamatan pekerja.

5) Cahaya

Cahaya tentunya diperlukan untuk menerangkan seluruh area pabrik dan tempat-tempat proses yang berbahaya dan tempat yang dinilai beresiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

6) Pertimbangan ekonomi

Dalam menempatkan peralatan proses perlu adanya pertimbangan yang matang agar biaya konstruksi minimal dan hemat material



Gambar 2.5. Tata Letak Alat Proses Pabrik Benzil Alkohol