

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Reaktor tangki berpengaduk merupakan reaktor yang paling sering dijumpai dalam industri kimia. Pada industri berskala besar, reaktor alir tangki berpengaduk lebih sering diaplikasikan karena kemampuan operasinya yang dapat diatur kapasitasnya. Unjuk kerja reaktor alir berpengaduk perlu dipelajari untuk mengetahui karakteristik aliran fluida, reaksi yang terjadi secara optimasi pengoperasian reaktor.

Pengoperasian reaktor alir tangki berpengaduk meliputi tiga tahap yaitu pengisian reaktor tinggi overflow, kondisi kontinyu, dan kontinyu steady state. Evaluasi variabel- variabel operasi sangat mudah dilakukan pada kondisi steady state.

Pemodelan matematik diperlukan untuk mempermudah analisa permasalahan yang timbul dalam pengoperasian reaktor alir tangki berpengaduk. Model matematika yang diusulkan diuji keakuratannya dengan membandingkan dengan data-data percobaan. Model matematika yang diusulkan diselesaikan dengan cara analisis jika persamaan itu mudah diselesaikan. Namun untuk reaksi yang kompleks akan diperoleh model matematika yang kompleks juga. Penyelesaian numerik sangat dianjurkan untuk memperoleh nilai k , tetapan transfer massa, dan orde reaksi yang merupakan *adjustable parameter*.

1.2 Rumusan Masalah

Reaktor Ideal Alir Kontinyu/Reaktor Alir Tangki Berpengaduk adalah tempat terjadinya reaksi kimia pembentukan atau penguraian, dimana aliran massa masuk atau keluar berulang secara terus menerus (kontinyu) (Rosadi, 2000). Pada praktikum kali ini, reaktor ideal aliran kontinyu akan dipelajari untuk mengetahui harga orde reaksi, konstanta reaksi serta pengaruh konsentrasi NaOH dan membandingkan perhitungan model matematis penyabunan etil asetat dengan NaOH pada reaktor ideal aliran kontinyu.

1.3 Tujuan

1. Menentukan harga orde reaksi penyabunan etil asetat dengan NaOH.
2. Menghitung harga konstanta reaksi (k) penyabunan etil asetat dengan NaOH.

3. Mengetahui pengaruh variabel terhadap konstanta reaksi (k) penyabunan etil asetat dengan NaOH.
4. Membandingkan hasil percobaan dengan perhitungan model matematis metode runge kutta reaksi penyabunan pada reaktor ideal aliran kontinyu.

1.4 Manfaat

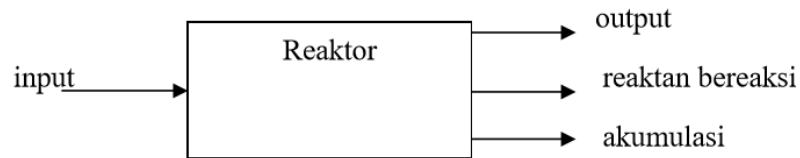
1. Mahasiswa dapat menentukan harga orde reaksi penyabunan etil asetat dengan NaOH.
2. Mahasiswa dapat menghitung harga konstanta reaksi (k) penyabunan etil asetat dengan NaOH.
3. Mahasiswa mampu mengetahui pengaruh variabel terhadap konstanta reaksi (k) penyabunan etil asetat dengan NaOH.
4. Mahasiswa mampu membandingkan hasil percobaan dengan perhitungan model matematis metode runge kutta reaksi penyabunan pada reaktor ideal aliran kontinyu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reaktor *Batch*

Neraca bahan pada reaktor secara simultan



Gambar 2.1 Bagian neraca massa suatu sistem

Input = 0

Output = 0

Reaktan yang bereaksi = $(-r_A)$

Input = output + reaktan yang bereaksi + akumulasi

$$0 = 0 + v(-r_A) + \frac{dN_A}{dt} \quad \dots(1)$$

$$0 = V_i(-r_A) + \frac{d[N_{Ao}(1-X_A)]}{dt} \quad \dots(2)$$

$$0 = V_i(-r_A) - \frac{N_{Ao}dX_A}{dt} \quad \dots(3)$$

$$dt = \frac{N_{Ao}}{V_i(-r_A)} dX_A \quad \dots(4)$$

$$t = N_{Ao} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{V_i(-r_A)} \quad \dots(5)$$

Pada volume konstan

$$C_A = C_{A0}(1-X_A)$$

$$dC_A = -C_{A0} \cdot dX_A \quad \dots(6)$$

Pers. (6) masuk ke pers. (5) diperoleh :

$$t = C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dN_A}{-r_A} = - \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{-r_A} \quad \dots(7)$$

2.2 Reaktor Ideal Aliran Kontinyu/Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (CSTR)

Tahapan yang terjadi pada reaktor CSTR ini terbagi dalam 3 tahap proses, yaitu:

a. Tahap Pertama

Tahap pertama dimulai saat $t=0$ sampai terjadi overflow

Dari hukum kekekalan massa

$$\text{Akumulasi} = \text{input} - \text{output}$$

$$\rho \frac{dV}{dt} = \rho \cdot Fo - 0 \quad \dots(8)$$

$$dV = F_o . dt, \text{ pada } t = 0 \rightarrow V = 0$$

Karena densitas laju alir dianggap konstan, maka volumenya hanya merupakan fungsi dari waktu.

$$V = F_o.t \quad \dots(9)$$

Sedangkan dari neraca komponen :

Akumulasi = input – output – laju konsumsi karena reaksi

$$\frac{d}{dt}(V.C) = F_o.C_o - 0 - V(-r_A) \quad \dots(10)$$

Dalam hal ini :

V = Volume bahan dalam reaktor (L)

C = Konsentrasi molar reaktan dalam reaktor (mol/L)

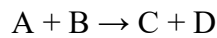
F_o = Laju alir reaktan masuk (L/mol)

C_o = Konsentrasi molar reaktan dalam feed (mol/L)

t = Waktu reaksi (menit)

$-r_A$ = Kecepatan reaksi (mol/L.menit)

Reaksi yang terjadi adalah :



$-r_A = k.C_A C_B$, karena $C_A = C_B$, maka

$$-r_A = kC_A^2 = kC^2 \quad \dots(11)$$

Pers. (11) \rightarrow Pers. (10)

$$\frac{d(V.C)}{dt} = F_o.C_o - V.k.C^2$$

$$V \frac{dC}{dt} + C \frac{dV}{dt} = F_o.C_o - V.k.C^2 \quad \dots(12)$$

Pers. (9) \rightarrow pers. (12)

$$F_o.t. \frac{dC}{dt} + C.F_o = F_o.C_o - F_o.t.k.C^2 \quad \dots(13)$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{C_o}{t} - \frac{C}{t} - k.C^2 \quad \dots(14)$$

Dengan menggunakan boundary condition pada $t=0$, $C=C_o$ dan substitusi $U = e^{k \int C.dt}$ maka pers. (14) menjadi :

$$t^2 \frac{d^2 U}{dt^2} + t \frac{dU}{dt} - k.U.C_o.t = 0 \quad \dots(15)$$

Pers. (15) diubah menjadi fungsi Bessel dengan substitusi $z=t^{0.5}$, menjadi:

$$z^2 \frac{d^2 U}{dz^2} + z \frac{dU}{dz} - 4.k.U.C_o.z^2 = 0 \quad \dots(16)$$

Pers. (16) merupakan modifikasi pers. Bessel yang memiliki bentuk umum sebagai berikut :

$$x^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + x(a + 2bx^r) \frac{dy}{dx} + [c + dx^{2s} - b(1 - a - r)x.r + b^2.x^2.r].y = 0$$

Dari pers.(5) didapatkan :

$$a = 1$$

$$r = 0$$

$$p = \frac{1}{s} \sqrt{\frac{(1-a)^2}{2}} - c = 0$$

$$b = 0$$

$$s = 0$$

$$p = 0$$

$$c = 0$$

$$d = -4.k.Co$$

$$\sqrt{\frac{d}{s}} = \text{imajiner}$$

Sehingga penyelesaian pers. (16) adalah :

$$U = C_1 Z_p(\sqrt{4.k.Co.z}) + C_z Z_p(\sqrt{4.k.Co.z}) \quad \dots(18)$$

Pada $t = 0, z = 0 \rightarrow Z_p = \sim$

Sehingga $C_z = 0$

$$U = C_1 Z_p(\sqrt{4.k.Co.z})$$

Karena $p = 0$ dan $\sqrt{d/s} = \text{imajiner}$

$$\text{Maka } U = C_1 I_0(\sqrt{4.k.Co.z})$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dz} C_1 I_0(\sqrt{4.k.Co.z}) \quad \dots(19)$$

Dari Sherwood halaman 178 pers. (5.83) didapatkan

$$\frac{dU}{dt} = C_1(\sqrt{4.k.Co.z}) I_0(\sqrt{4.k.Co.z}) \quad \dots(20)$$

Dari substitusi semula, diperoleh :

$$\frac{dU}{dt} = 2.k.C_z.C_1.I_0(\sqrt{4.k.Co.z}) \quad \dots(21)$$

Maka pers. (14) dan (15) diperoleh :

$$C_1.(\sqrt{4.k.Co.z}) I_0(\sqrt{4.k.Co.z}) = k.C.C_1.I_0(\sqrt{4.k.Co.z})$$

$$C = \frac{(\sqrt{4.k.Co.z}) I_0(\sqrt{4.k.Co.z})}{k.C.C_2.I_0(\sqrt{4.k.Co.z})}$$

$$C = \frac{C_o T_1(2\sqrt{k.Co.T})}{k.t.T_o(2\sqrt{k.Co.T})} \quad \dots(22)$$

b. Tahap Kedua

Pada tahap ini proses berjalan kontinyu, namun belum tercapai kondisi *steady state*. Dapat dinyatakan dengan :

$$C = f(t) \text{ dan } V = \text{konstan} \rightarrow dV/dt = 0$$

Dari neraca massa komponen diperoleh :

$$\frac{d}{dt}(V.C) = F.C_o - F.C - k.V.C^2 \quad \dots(23)$$

$$V.\frac{dC}{dt} - C.\frac{dV}{dt} = F.C_o - F.C - k.V.C^2 \quad \dots(24)$$

Apabila $T = t - \check{T}$ waktu, menit

$\check{T} = V/F$ konstanta waktu

Pers. (24) menjadi

$$\frac{dC}{dt} = \frac{C_0}{\check{T}} - \frac{C}{\check{T}} - k \cdot C^2 \quad \dots(25)$$

Pada keadaan *steady state* $C=C_0$

Penyelesaian particular pers. (25) adalah $C - C_s$, dimana C_s adalah konsentrasi pada keadaan *steady*.

Substitusikan $C = C_s + 1/s$

Pers. (25) berubah menjadi persamaan differensial orde 1 yang mana dapat diselesaikan dengan metode faktor integrasi.

$$C = C_0 = \frac{1}{B \cdot \exp(AT) - \frac{K}{A}} \quad \dots(26)$$

C_1 adalah konsentrasi awal tiap tahap kedua yaitu pada saat $t = \check{T}$ yang diperoleh dengan pengukuran konsentrasi contoh.

c. Tahap Ketiga

Pada tahap ini proses berjalan dalam keadaan *steady state* dan akumulasi = 0 dari neraca komponen, diperoleh :

$$F - C_0 = F \cdot C + V_r \quad \dots(27)$$

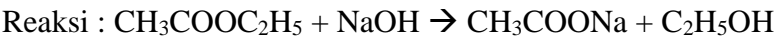
$$F - C_0 = F \cdot C + V \cdot k \cdot C_s^2 \quad \dots(28)$$

$$C_0 = C_s + (V/F) \cdot k \cdot C_s^2 \quad \dots(29)$$

$$k \cdot \check{T} \cdot C_s^2 + C_s - C_0 = 0 \quad \dots(30)$$

Apabila k diketahui maka C_s dapat diprediksikan. Sebaliknya apabila C_s diukur maka nilai k dapat dihitung. Pers. (30) merupakan persamaan aljabar biasa dan dapat diselesaikan dengan mudah.

2.3 Tinjauan Termodinamika



Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan eksotermis / endotermis maka perlu membuktikan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f) pada 1 atm dan 298 K dari reaktan dan produk.

$$\Delta H_{298} = \Delta H \text{ reaktan} - \Delta H \text{ produk}$$

Diketahui data sebagai berikut (Smith *et al.*, 2011)

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 = -445.500 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H \text{ NaOH} = -425.609 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COONa} = -726.100 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -235.100 \text{ J/mol}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaksi}} &= \Delta H \text{ CH}_3\text{COONa} + \Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} - (\Delta H \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \Delta H \text{ NaOH}) \\ &= ((-726.100 - 235.100) - (-445.500 - 425.609)) \text{ J/mol} \\ &= -91.091 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Karena ΔH reaksi bernilai negatif maka reaksi yang berlangsung adalah reaksi eksotermis yang menghasilkan panas.



Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan searah atau bolak-balik dapat diketahui dari nilai konstanta keseimbangan reaksi. Pada suhu kamar diperoleh data (Smith *et al.*, 2011):

$$\begin{aligned}\Delta G \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 &= -328.000 \text{ J/mol} \\ \Delta G \text{ NaOH} &= -379.494 \text{ J/mol} \\ \Delta G \text{ CH}_3\text{COONa} &= -631.200 \text{ J/mol} \\ \Delta G \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} &= -168.490 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\Delta G_{\text{reaksi}} &= (\Delta G \text{ CH}_3\text{COONa} + \Delta G \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}) - (\Delta G \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \Delta G \text{ NaOH}) \\ &= (-631.200 - 168.490) - (-328.000 - 379.494) \text{ J/mol} \\ &= -92.196 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

$$\frac{d}{dT} \left(\frac{\Delta G}{RT} \right) = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

$$\Delta G = RT \ln K$$

$$K \text{ pada standar } 298 \text{ K} = e^{(\Delta G/RT)}$$

$$K = e^{\frac{-92.196}{8,314 \cdot 298}} = 1,45 \times 10^{16}$$

Dari data diatas dapat diperoleh nilai konstanta keseimbangan reaksi pada temperatur 298 K adalah $1,45 \times 10^{16}$. Pada temperatur operasi, harga K dihitung dengan persamaan :

$$\ln \left(\frac{K}{K'} \right) = \frac{-\Delta H^o}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T = 27^\circ\text{C} \text{ (suhu ruang)} = 300 \text{ K}$$

$$\ln \left(\frac{1,45 \times 10^{16}}{K'} \right) = \frac{-(-91.091)}{8,314} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{298} \right)$$

$$K' = 1,13 \times 10^{16}$$

Karena harga konstanta keseimbangan tidak mendekati angka 1, maka reaksi berlangsung searah (*irreversibel*).

2.4 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari kinetika reaksi, kecepatan reaksi saponifikasi etil asetat dengan NaOH akan makin besar dengan kenaikan suhu, adanya pengadukan dan perbedaan konsentrasi. Hal ini dapat dijelaskan oleh persamaan Arrhenius yaitu:

$$k = k_0 \cdot e^{-\left(\frac{E_A}{R.T}\right)}$$

Dengan:

k = Konstanta laju reaksi

k_0 = Faktor pre eksponensial atau frekuensi

T = Suhu

E_A = Energi aktivasi

R = Tetapan gas ideal

=1,98 cal/gm-mol.K

=1,98 Btu/lb-mol.°R

=82,06 cm³.atm/gm-mol.K

Berdasarkan persamaan *Arrhenius* dapat dilihat bahwa konstanta laju reaksi dipengaruhi oleh nilai faktor frekuensi atau faktor eksponensial, suhu, dan energi aktivasi (Levenspiel, 1999).

2.5 Sifat Fisis dan Kimia Reagen

1. NaOH

Sifat Fisis :

- Berat molekul = 40 g/mol
- Titik didih = 134 °C
- Titik lebur = 318,4 °C
- Berat jenis = 2,130 g/mol
- Kelarutan dalam 100 bagian air dingin 10°C = 42
- Kelarutan dalam 100 bagian air panas 100°C = 32

Sifat Kimia :

- Dengan Pb(NO₃)₂ membentuk endapan Pb(OH)₂ yang larut dalam reagen excess, merupakan basa kuat, dan mudah larut dalam air.

2. Etil Asetat

Sifat Fisis:

- a. Berat jenis = 1,356 g/mol
- b. Titik didih = 85°C
- c. Berat molekul = 88 g/mol

d. Titik lebur = -111°C

Sifat Kimia:

Bereaksi dengan Hg^{+} membentuk endapan Hg_2Cl_2 putih yang tidak larut dalam air panas dan asam encer tetapi larut dalam ammonia encer dan KCN tiosulfat, beraksi dengan Pb^{2+} membentuk PbCl_2 putih, mudah menguap apabila dipanaskan.

3. HCl

Sifat Fisis :

1. Massa atom : 36,45 g/mol
2. Massa jenis : 3,21 g/ml
3. Titik leleh : -101°C
4. Energi ionisasi: 1250 kJ/mol
5. Kalor jenis : 0,115 kal/g $^{\circ}\text{C}$
6. Pada suhu kamar HCl berbentuk gas yang tak berwarna dan berbau tajam

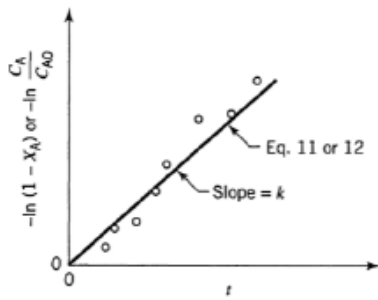
Sifat Kimia :

1. HCl akan berasap tebal di udara lembab
2. Gasnya berwarna kuning kehijauan dan berbau merangsang
3. Dapat larut dalam alkali hidroksida, kloroform, dan eter
4. Merupakan oksidator kuat
5. Berafinitas besar sekali terhadap unsur-unsur lainnya sehingga dapat beracun bagi pernapasan

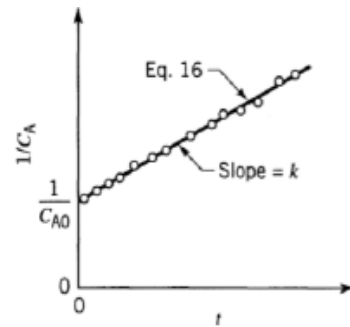
2.6 Menentukan Orde Reaksi

Trial orde reaksi pada reaktor *batch* :

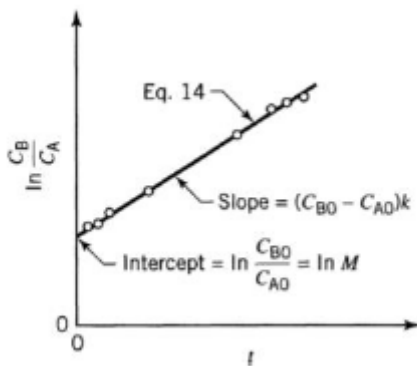
1. Diberikan data waktu (t) dan C_a , C_{ao} adalah C_a pada $t=0$
2. Membuat data $-\ln(C_a/C_{ao})$ dan $1/C_a$
3. Pertama menebak 'orde reaksi pertama' dengan membuat grafik $-\ln(C_a/C_{ao})$ vs t, hasil grafik harus lurus.
 - a. Jika hasil grafik tidak lurus maka menebak 'orde reaksi kedua' dari grafik antara $1/C_a$ vs t, hasil grafik harus lurus (Apabila $C_{ao}=C_{bo}$)
 - b. Jika hasil grafik tidak lurus maka menebak 'orde reaksi kedua' dari grafik antara $\ln C_b/C_a$ vs t, hasil grafik harus lurus.
4. Membentuk persamaan $y = a + bx$, dimana a = intercept dan b = slope dari grafik log t vs $\ln C_{ao}$.



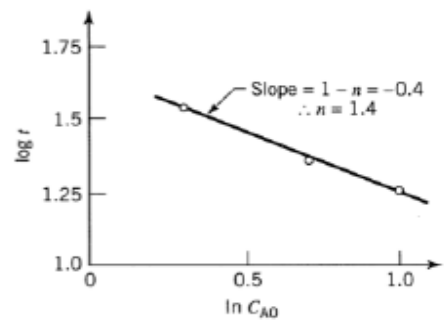
Gambar 2.2 Grafik trial reaksi orde 1



Gambar 2.3 Grafik trial orde 2
(Cao = Cbo)

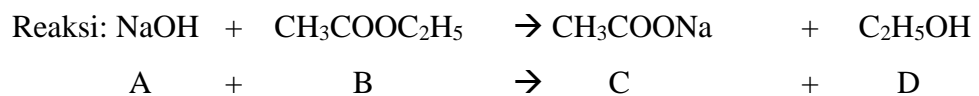


Gambar 2.4 Grafik trial reaksi orde 2
(Cao ≠ Cbo)



Gambar 2.5 Grafik trial orde n

2.7 Menghitung Harga Konstanta Reaksi Penyabunan (k) Etil Asetat dengan NaOH



Orde reaksi 1

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = k \cdot C_a$$

$$\int_{C_{a0}}^{C_a} -\frac{dC_a}{C_a} = \int_0^t k \cdot dt$$

$$-\ln[C_a]_{C_{a0}}^{C_a} = k \cdot t$$

$$-(\ln C_a - \ln C_{a0}) = k \cdot t$$

$$-\ln \frac{C_a}{C_{a0}} = k \cdot t$$

$$y = mx$$

Orde reaksi 2

Persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = k \cdot C_a \cdot C_b \text{ dimana } C_a = C_b$$

$$\begin{aligned}
-\frac{dC_a}{dt} &= k \cdot C_a^2 \\
-\frac{dC_a}{C_a^2} &= k \cdot dt \\
\int_{C_{ao}}^{C_a} -\frac{dC_a}{C_a^2} &= \int_0^t k \cdot dt \\
\left[\frac{1}{C_a} \right]_{C_{ao}}^{C_a} &= k \cdot t \\
\frac{1}{C_a} - \frac{1}{C_{ao}} &= k \cdot t \\
\frac{1}{C_a} &= k \cdot t + \frac{1}{C_{ao}} \\
y &= mx + c
\end{aligned}$$

Harga k didapat dari metode least square. Dimana harga k merupakan nilai dari m.

(Levenspiel, 1999)

BAB III

METODE PRAKTIKUM

3.1 Bahan dan Alat yang Digunakan

3.2.1 Bahan yang Digunakan

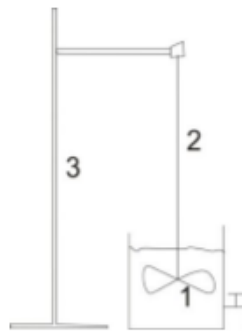
1. NaOH
2. Etil Asetat
3. HCl
4. Indikator MO 3 tetes
5. Aquadest

3.2.2 Alat yang Digunakan

1. Pipet
2. Thermometer
3. Reaktor *batch*
4. Gelas ukur
5. Buret
6. Statif dan Klem
7. Erlenmeyer
8. Rangkaian alat reaktor aliran kontinyu

3.2 Gambar Rangkaian Percobaan

a. Proses *Batch*

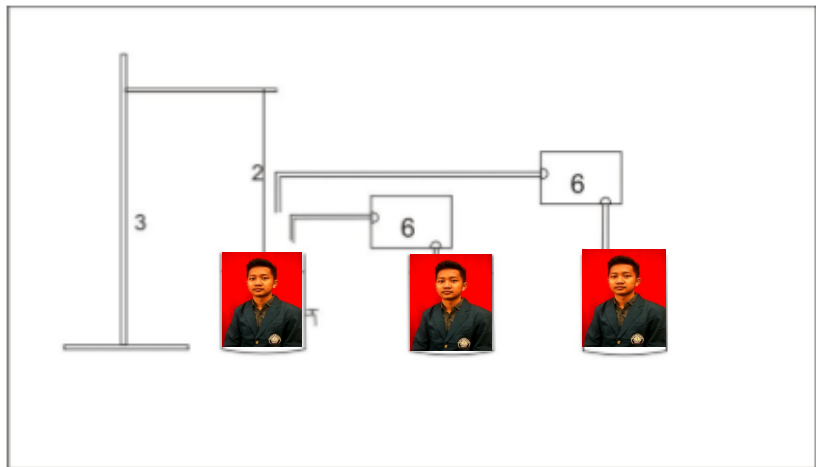


Gambar 3.1 Gambar alat utama proses *batch*

Keterangan :

1. Reaktor *batch*
2. Stirrer
3. Statif

b. Proses Kontinyu



Gambar 3.2 Gambar alat utama proses kontinyu

Keterangan :

1. Reaktor kontinyu
2. Stirrer
3. Statif
4. Tangki reaktor

3.3 Respon Uji Hasil

Konsentrasi NaOH sisa yang dapat diamati dengan konsentrasi titran HCl sampai TAT (Titik Akhir Titrasi)

3.4 Prosedur Percobaan

a. Percobaan *Batch*

1. Siapkan reagen yang dibutuhkan: etil asetat 0,1 N, HCl 0,05 N, dan NaOH 0,1 N.
2. Masukkan etil asetat 0,1 N dan NaOH 0,1 N dengan volume masing masing 1 liter.
3. Ambil sampel 5 ml tiap 1,5 menit, kemudian tambahkan indikator MO 3 tetes ke dalam sampel dan titrasi dengan HCl 0,1 N sampai warna merah orange. Titrasi dihentikan sampai volume titran yang digunakan tercatat.
4. Dengan persamaan dapat diperoleh nilai Ca (konsentrasi NaOH sisa).
5. Lakukan langkah 1 sampai 4 dengan variabel yang berbeda.

b. Percobaan Kontinyu

1. Siapkan reagen yang dibutuhkan: etil asetat 0,1 N, HCl 0,1 N, dan NaOH 0,1 N.

2. Memasukkan etil asetat dan NaOH ke dalam tangki umpan masing-masing.
3. Atur *valve* masing-masing reaktan ke dalam CSTR yang kosong dan menjaga konstan laju alirnya agar tetap sama
4. Mengambil sampel 5 ml tiap 1 menit, kemudian tambahkan indikator MO 3 tetes ke dalam sampel dan titrasi dengan HCl 0,1 N sampai warna merah orange. Titrasi dihentikan sampai volume titran yang digunakan 3 kali konstan.
5. Dengan perhitungan dapat diperoleh nilai C_a (konsentrasi NaOH sisa).
6. Melakukan langkah 1 sampai 5 dengan dengan pengadukan sedang dan pengadukan cepat.

IDENTIFIKASI BAHAYA DAN ANALISA RESIKO
MATERI: REAKTOR IDEAL ALIRAN KONTINYU

IDENTIFIKASI BAHAYA (IB)											
A	Mekanik		D	Lingkungan		E	Bahan kimia		G	Bahaya lainnya	
A1	Penanganan manual	√	D1	Kebisingan		E1	Racun	√	G1	Gas terkompresi	
A2	Bagian yang bergerak		D2	Getaran	√	E2	Iritan		G2	Radiasi pengion	
A3	Bagian yang berputar	√	D3	Penerangan		E3	Korosif	√	G3	Radiasi UV	
A4	Pemotongan		D4	Kelembaban		E4	Karsinogenik		G4	Kelelahan	
B	Biologi		D5	Temperatur	√	E5	Mudah terbakar	√	G5	Ruang sempit	
B1	Bakteri		D6	Bahaya perjalanan		E6	Mudah meledak		G6	Penuh sesak	
B2	Virus		D7	Permukaan yang licin		E7	Cryogenics		G7	Termometer	√
B3	Jamur		D8	Limbah padat		F	Peralatan				
C	Listrik		D9	Kualitas udara		F1	Bejana tekan				
C1	Voltase tinggi		D10	Pekerjaan soliter		F2	Peralatan panas				
C2	Listrik statis		D11	Percikan/tetes/banjir	√	F3	Laser				
C3	Kabel	√	D12	Tumpahan serbuk		F4	Pembuluh kaca				

DETAIL RESIKO								
IB	Resiko (setelah tindakan pengendalian)				Identifikasi resiko	Tindakan pengendalian untuk meminimalisir resiko	Tindakan pertolongan pertama	
	Tinggi	Sedang	Rendah	Minimal				
1. PREPARASI/TAHAP AWAL								
			√		Preparasi NaOH, HCl, dan Etil Asetat	-Memastikan selalu memakai gloves saat mengambil larutan terutama larutan HCl dalam ruang asam -Selalu menghidupkan fan pada ruang asam, jika sedang mengambil larutan HCl -Selalu memakai perlengkapan lab lengkap, seperti jas lab, gloves, sepatu, dan masker medis	-Cuci tangan jika terkena larutan terkait -Jika terluka atau perih segera meminta pertolongan lebih lanjut	
2. PERCOBAAN UTAMA								
			√		Saat mengidupkan pompa ada resiko tersengat listrik, atau pompa terbakar	-Pastikan kabel /colokan tidak basah -Selalu memakai perlengkapan lab lengkap, seperti jas lab, gloves, sepatu, dan masker medis	-Matikan sumber arus listrik -Dorong tubuh korban dengan benda isolator -Cari pertolongan medis	
3. ANALISA/TAHAP AKHIR								
					Pembuangan sisa NaOH, HCl, dan Etil Asetat	-Pastikan setiap bahan kimia tersebut dibuang secara terpisah -Selalu memakai perlengkapan lab lengkap, seperti jas lab, gloves, sepatu, dan masker medis	-Cuci tangan jika terkena larutan terkait -Jika terluka atau perih segera meminta pertolongan lebih lanjut	

DAFTAR PUSTAKA

- Levenspiel. O., 1999. *Chemical reaction Engineering 3rd ed*, Mc. Graw Hill Book
Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Smith, J. M. ,VanNess, H. C., Abbott, M. M. 2011. *Introduction to Chemical
Engineering Thermodynamics, 6th ed.*, McGraw-HillCo., Singapore.