

**LAMPIRAN 1**  
**DATA PENGAMATAN**

**a. Karakteristik Membran Keramik**

<b>Dimensi</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Diameter dalam (cm)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Diameter luar (cm)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	274,75	274,75	274,75	274,75	274,75
Tebal (cm)	1	1	1	1	1
Jenis membran	Mikrofiltra si	Mikrofiltra si	Mikrofiltra si	Mikrofiltra si	Mikrofiltra si
Tipe Filter	Cross flow	Cross flow	Cross flow	Cross flow	Cross flow
Tekanan (bar)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Suhu (°C)	30	30	30	30	30

**Keterangan :**

- A. Tanah liat 70(% Wt), zeolit 22,25(% Wt), 4,5(% Wt) natrium metasilikat, 3,25(% Wt) asam borik
- B. Tanah liat 72,5(% Wt), zeolit 20(% Wt), 4,25(% Wt) natrium metasilikat, 3,25(% Wt) asam borik
- C. Tanah liat 75(% Wt), zeolit 17,75(% Wt), 4(% Wt) natrium metasilikat, 3,25(% Wt) asam borik
- D. Tanah liat 77,5(% Wt), zeolit 15,5(% Wt), 3,75(% Wt) natrium metasilikat, 3,25(% Wt) asam borik
- E. Tanah liat 80(% Wt), zeolit 13,25(% Wt), 3,5(% Wt) natrium metasilikat, 3,25(% Wt) asam borik

**b. Data Hasil Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit**

<b>Membran</b>	<b>Tekanan (bar)</b>	<b>Volume (V) (L)</b>	<b>Luas (A) (m<sup>2</sup>)</b>	<b>waktu (t) (menit)</b>	<b>fluks (jv)(L/menit m<sup>2</sup>)</b>
		0,12	0,027475	10	0,4367
A	1,7	0,222	0,027475	20	0,4040
		0,315	0,027475	30	0,3821
		Rata-rata			0,4076
		0,074	0,027475	10	0,2693
B	1,7	0,14	0,027475	20	0,2547
		0,2	0,027475	30	0,2426
		Rata-rata			0,2555
		0,144	0,027475	10	0,5241
C	1,7	0,26	0,027475	20	0,4731
		0,345	0,027475	30	0,4185
		Rata-rata			0,4719
		0,11	0,027475	10	0,4003
D	1,7	0,192	0,027475	20	0,3494
		0,245	0,027475	30	0,2972
		Rata-rata			0,3489
		0,14	0,027475	10	0,5095
E	1,7	0,256	0,027475	20	0,4658
		0,35	0,027475	30	0,4246
		Rata-rata			0,4666

**c. Data Perhitungan Analisa COD**

Membran	V Sampel (ml)	V blanko (ml)	V titran (ml)	N FAS	COD (mg/l)
A	2,5	4	2,70	0,0392	163,072
B	2,5	4	2,85	0,0392	144,256
C	2,5	4	2,90	0,0392	137,984
D	2,5	4	2,90	0,0392	137,984
E	2,5	4	2,95	0,0392	131,712

Rumus Perhitungan

$$\text{COD} = \frac{(V_b - V_{ti}) \times F \times 8}{V_s}$$

**d. Data Analisa BOD**

Membran	BOD* (mg/l)
A	48,46
B	29,66
C	29,61
D	39,15
E	42,22

\*Data hasil BOD didapat dari hasil penelitian yang dilakukan di Badan Riset dan Standarisasi Industri Palembang ( BARISTAND Industri Palembang )

**e. Data Perhitungan Analisa TSS**

Membran	Blanko + kertas saring (gr)	Sampel + kertas saring (gr)	V sampel (ml)	TSS (mg/l)
A	0,2260	0,2305	50	90
B	0,1982	0,2022	50	80

C	0,2009	0,2047	50	76
D	0,2053	0,2090	50	74
E	0,1957	0,1989	50	64

Rumus Perhitungan

$$TSS = \frac{(B_{s_2} + k_{s_2}) - (B_{s_1} + k_{s_1}) \times 1.0}{V_{s_2} - V_{s_1}} \times 100$$

**f. Data % Rejeksi Kualitas Olahan Setelah Proses Filtrasi Menggunakan Membran Keramik**

Membran	COD (%)	BOD(%)	TSS (%)
A	60,7348	6,1943	71,5189
B	65,2654	42,5861	74,6835
C	66,7756	42,6829	75,9493
D	66,7756	24,2160	76,5822
<b>E</b>	<b>68,2858</b>	<b>18,2733</b>	<b>79,7468</b>

**g. Data % Efektivitas Membran Mikrofiltrasi Berbasis Tanah Liat, Zeolit, Natrium Metasilikat dan Asam Borik Pada Pengolahan Limbah Kelapa Sawit**

Membran	BOD(%)	COD (%)	TSS (%)
A	6,1943	60,7348	71,5189
B	18,2733	65,2654	74,6835
C	24,2160	66,7756	75,9493
D	42,5861	66,7756	76,5822
E	42,6829	68,2858	79,7468

## PERHITUNGAN

### 2.1 Karakteristik Membran

#### a. Luas Membran

- Membran A

Dik : D dalam membran = 3,5 cm    r = 1,75 cm

: T = 25 cm

Dit : Luas Membran ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab : Luas Membran} &= 2 \times \pi \times r \times t \\ &= 2 \times 3,14 \times 1,75 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \\ &= 2 \times 3,14 \times 1,75 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \\ &= 274,75 \text{ cm}^2 \\ &= 0,027475 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

#### b. Ketebalan Membran

Untuk mengukur ketebalan membran, menggunakan cara manual yaitu diukur dengan menggunakan penggaris sehingga diperoleh hasil bahwa ketebalan ke lima membran sebesar 1 cm.

### 2.2 Perhitungan Fluks limbah cair kelapa sawit

Untuk menghitung fluks limbah cair kelapa sawit setiap membran yang digunakan pada tekanan 1,7 kgf/cm<sup>2</sup>

a. Membran A

Dik :  $V_{\text{permeat}} = (0,12; 0,222; 0,315)$  Liter

Dit :  $t = (10, 20, 30)$  menit

A = 0,027475 m<sup>2</sup>

Dit : Fluks Volume ?

Jawab :

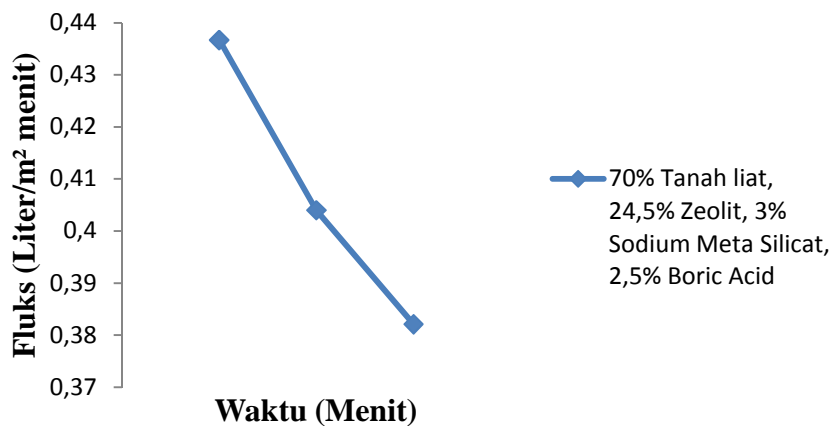
Untuk  $V = 0,12$  Liter dan  $t = 10$  menit

$$\begin{aligned}
 J_v &= \frac{V}{A} \\
 &= \frac{0,1}{0,027475 \times 1} \\
 &= 0,4367 \text{ L/menit m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi sebagai berikut:

Tabel. 1 Hasil perhitungan fluks membran A

Waktu (Menit)	$J_v$ (L/menit m <sup>2</sup> )
10	0,4367
20	0,4040
30	0,3821



Gambar 1. Grafik Fluks terhadap waktu pada pada tekanan 1,7 bar

b. Membran B

Dik :  $V_{\text{permeat}} = (0,074; 0,14; 0,2)$  Liter

Dit :  $t = (10, 20, 30)$  menit

$A = 0,027475 \text{ m}^2$

Dit : Fluks Volume ?

Jawab :

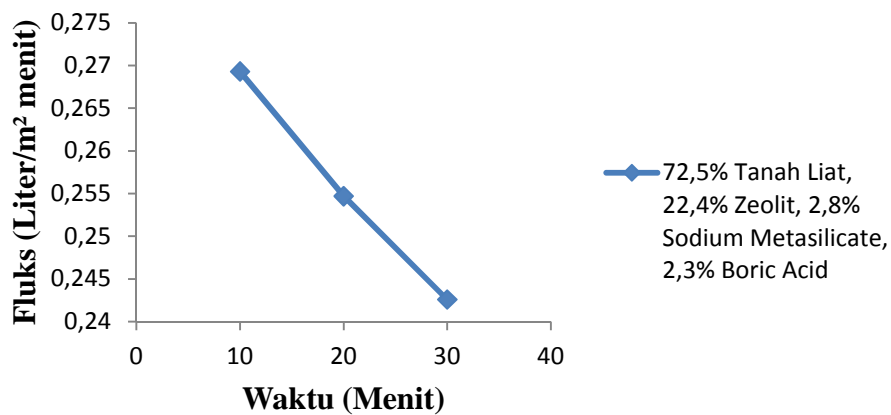
Untuk  $V = 0,074$  Liter dan  $t = 10$  menit

$$\begin{aligned}
 J_v &= \frac{V}{A} \\
 &= \frac{0,074}{0,027475} \\
 &= 2,693 \text{ L/menit m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi sebagai berikut:

Tabel. 2 Hasil perhitungan fluks membran B

Waktu (Menit)	$J_v$ (L/menit $\text{m}^2$ )
10	0,2693
20	0,2547
30	0,2426



Gambar 2. Grafik Fluks terhadap waktu pada pada tekanan 1,7 bar

c. Membran C

Dik :  $V_{\text{permeat}} = (0,144; 0,26; 0,345)$  Liter

Dit :  $t = (10, 20, 30)$  menit

$A = 0,027475 \text{ m}^2$

Dit : Fluks Volume ?

Jawab :

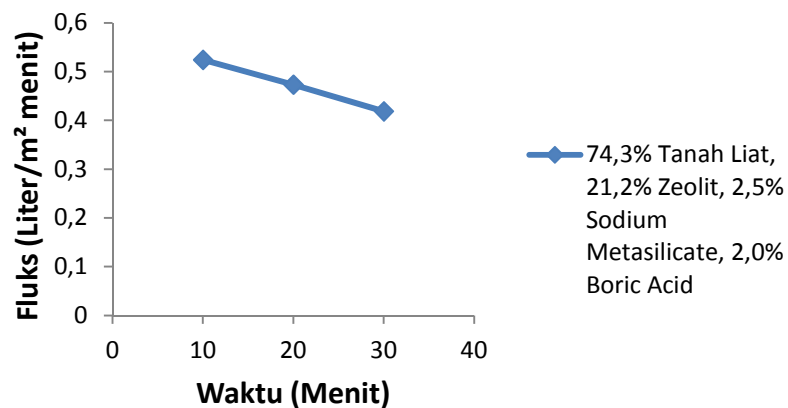
Untuk  $V = 0,144$  Liter dan  $t = 10$  menit

$$\begin{aligned}
 J_v &= \frac{V}{A} \\
 &= \frac{0,1}{0,027475} \\
 &= 0,5241 \text{ L/menit m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi sebagai berikut:

Tabel. 3 Hasil perhitungan fluks membran C

Waktu (Menit)	$J_v$ (L/menit $\text{m}^2$ )
10	0,5241
20	0,4731
30	0,4185



Gambar 3. Grafik Fluks terhadap waktu pada pada tekanan 1,7 bar



d. Membran D

Dik :  $V_{\text{permeat}} = (0,11; 0,192; 0,245)$  Liter

Dit :  $t = (10, 20, 30)$  menit

$A = 0,027475 \text{ m}^2$

Dit : Fluks Volume ?

Jawab :

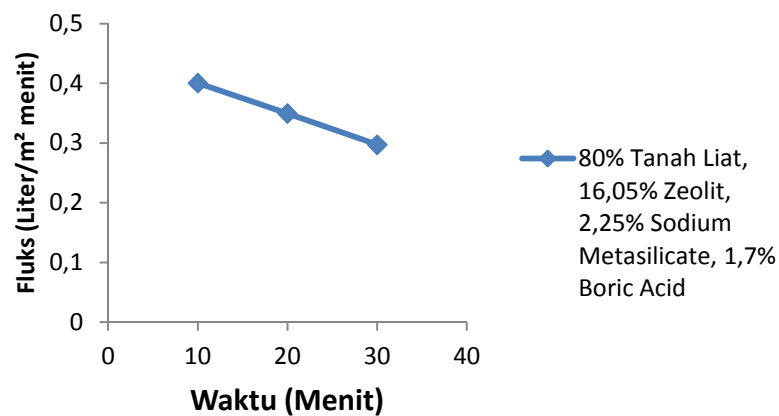
Untuk  $V = 0,11$  Liter dan  $t = 10$  menit

$$\begin{aligned}
 J_v &= \frac{V}{A} \\
 &= \frac{0,1}{0,027475} \\
 &= 3,638 \text{ L/menit m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi sebagai berikut:

Tabel. 4 Hasil perhitungan fluks membran D

Waktu (Menit)	$J_v$ (L/menit $\text{m}^2$ )
10	0,4003
20	0,3494
30	0,2972



Gambar 4. Grafik Fluks terhadap waktu pada tekanan 1,7 bar

e. Membran E

Dik :  $V_{\text{permeat}} = (0,14; 0,256; 0,35)$  Liter

Dit :  $t = (10, 20, 30)$  menit

$A = 0,027475 \text{ m}^2$

Dit : Fluks Volume ?

Jawab :

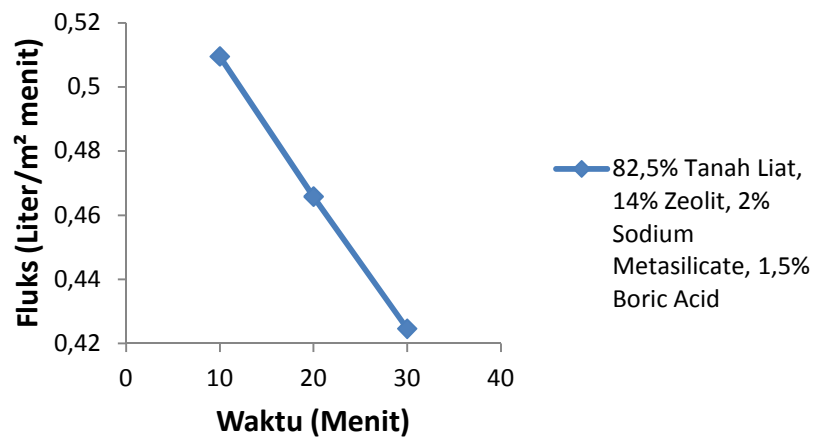
Untuk  $V = 0,14$  Liter dan  $t = 10$  menit

$$\begin{aligned}
 J_v &= \frac{V}{A} \\
 &= \frac{0,1}{0,027475} \\
 &= 0,5095 \text{ L/menit m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi sebagai berikut:

Tabel. 5 Hasil perhitungan fluks membran D

Waktu (Menit)	$J_v$ (L/menit $\text{m}^2$ )
10	0,5095
20	0,4658
30	0,4246



Gambar 5. Grafik Fluks terhadap waktu pada pada tekanan 1,7 bar

## 2.3 Perhitungan Analisa COD, BOD dan TSS

### a. Perhitungan COD

$$V_{\text{blanko}} = 4 \text{ ml}$$

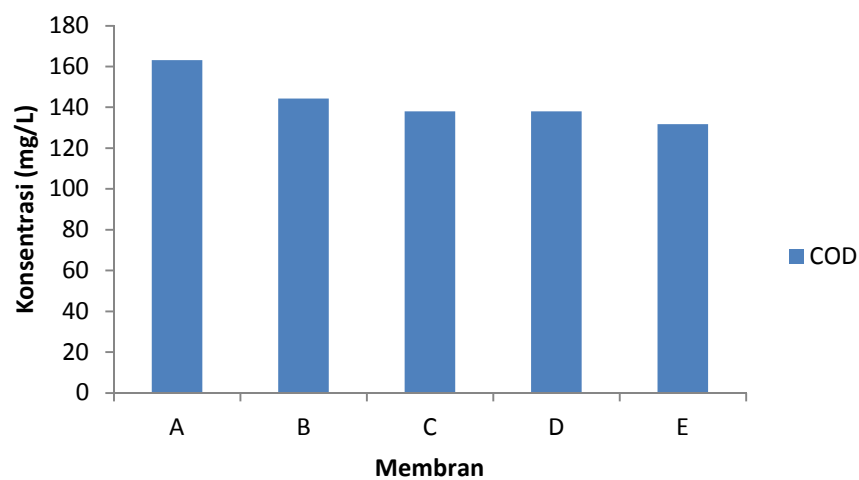
$$V_{\text{titran}} = 2,70 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \frac{(V_b - V_t) \times F \times 8}{V_s} \\ &= \frac{(4 - 2,7) \times 0,0 \times 8}{2,5} \\ &= 163,072 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi data sebagai berikut:

Tabel. 6 Hasil perhitungan konsentrasi COD pada masing-masing membran

Membran	Konsentrasi (mg/L)
A	163,072
B	144,256
C	137,984
D	137,984
E	131,712



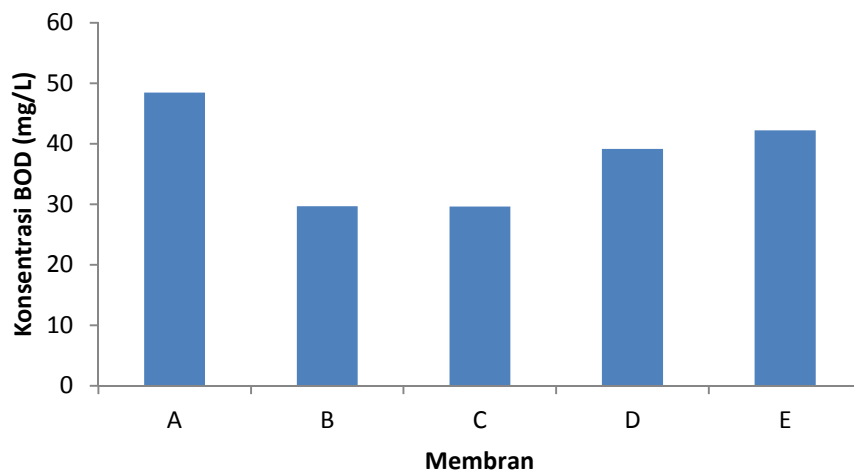
Gambar 6. Grafik konsentrasi COD pada masing-masing membran

**b. Perhitungan BOD**

Data perhitungan di bawah ini merupakan hasil analisa dari Laboratorium BARISTAND. (Terlampir)

Tabel 7. Hasil perhitungan konsentrasi BOD pada masing-masing membran

Membran	Konsentrasi (mg/L)
A	48,46
B	29,66
C	29,61
D	39,15
E	42,22



Gambar 7. Grafik konsentrasi BOD pada masing-masing membran

**c. Perhitungan TSS**

Berat Blanko + kertas saring = 0,2260 gr

Berat sampel + kertas saring = 0,2305 gr

Volume sampel = 50 ml

$$TSS = \frac{(B_{s\epsilon} + k_s) - (B_{sc} + k_s)}{V_s} \times 1000$$

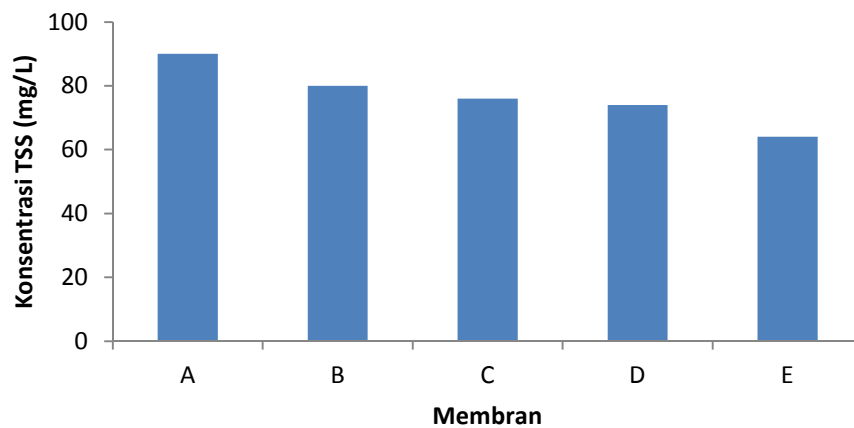
$$= \frac{(0,2 - 0,2) \times 1.0 \cdot 0}{5 \text{ m}}$$

$$= 90 \text{ mg/L}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 8. Hasil Perhitungan TSS terhadap masing – masing membran

Membran	TSS (mg/l)
A	90
B	80
C	76
D	74
E	64



Gambar 8. Grafik konsentrasi TSS pada masing-masing membran

## 2.4 Perhitungan % Rejeksi

$$R (\%) = 1 - \frac{C_l}{c} \times 100 \%$$

### a. COD

$$C_{\text{permeat}} = 163,072 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{feed}} = 415,31 \text{ mg/L}$$

$$R (\%) = 1 - \frac{C_l}{c} \times 100 \%$$

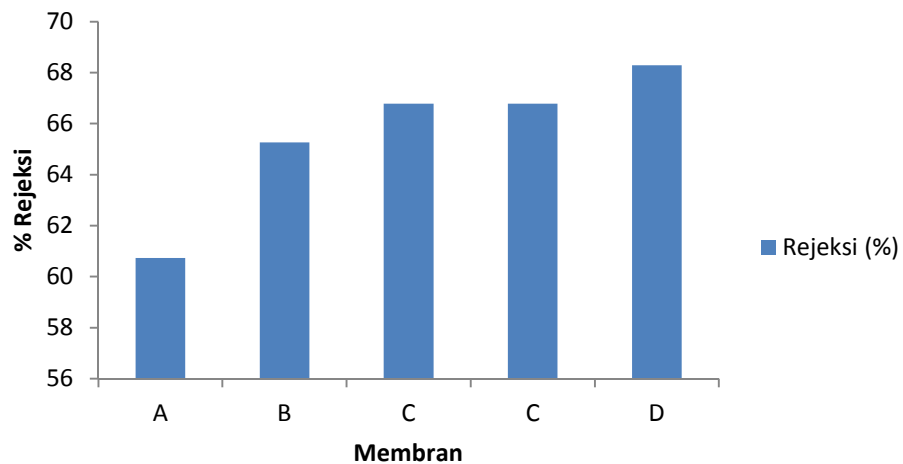
$$= 1 - \frac{1,0}{4,3} \times 100 \%$$

$$= 60,7348 \%$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi data sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil perhitungan % Rejeksi COD pada masing-masing membran

Membran	Rejeksi (%)
A	60,7348
B	65,2654
C	66,7756
C	66,7756
D	68,2858



Gambar 9. Grafik % Rejeksi COD pada masing-masing membrane

#### b. BOD

$$C_{\text{permeat}} = 48,46 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{feed}} = 51,66 \text{ mg/L}$$

$$R (\%) = 1 - \frac{C_l}{c} \times 100 \%$$

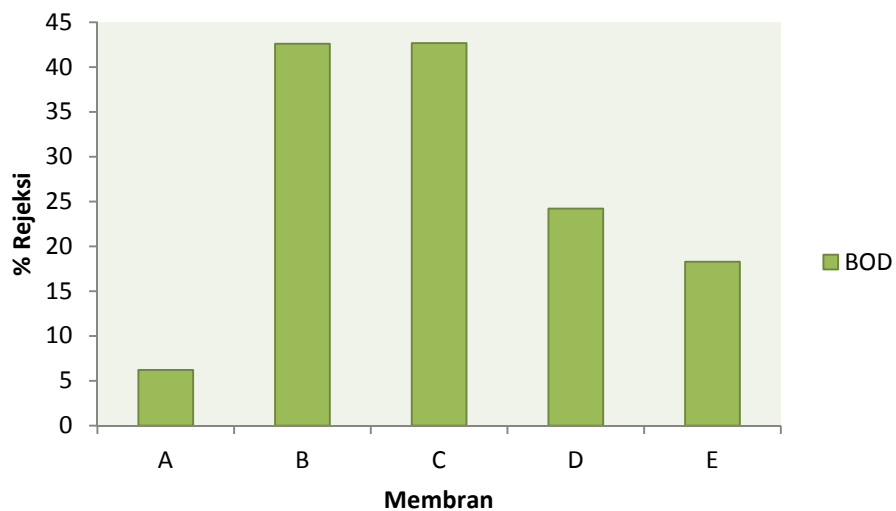
$$= 1 - \frac{4,4}{5,6} \times 100 \%$$

$$= 6,1943 \%$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, dengan tabulasi data sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil perhitungan % Rejeksi BOD pada masing-masing membran

Membran	Rejeksi (%)
A	6,1943
B	42,5861
C	42,6829
D	24,2160
E	18,2733



Gambar 10. Grafik % Rejeksi BOD pada masing-masing membrane

**c. TSS**

$$C_{\text{permeat}} = 90 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{feed}} = 316 \text{ mg/L}$$

$$R (\%) = 1 - \frac{C_l}{c} \times 100 \%$$

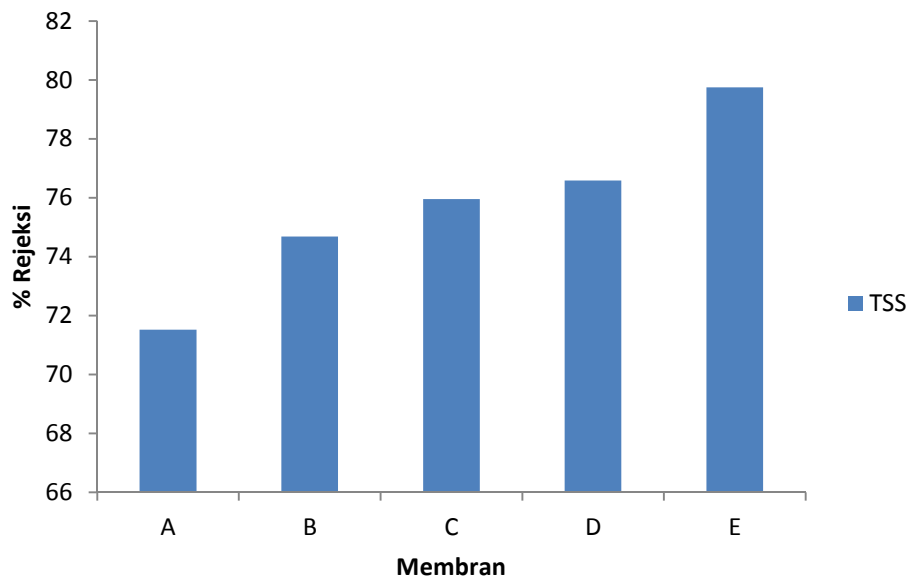
$$= 1 - \frac{9}{316} \times 100 \%$$

$$= 71,5189 \%$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 11. Hasil Perhitungan %Rejeksi TSS masing- masing membran

Membran	% Rejeksi TSS
A	71,5189
B	74,6835
C	75,9493
D	76,5822
E	79,7468



Grafik % Rejeksi TSS pada masing-masing membrane

## 2.5 Perhitungan Efektivitas Penurunan Konsentrasi COD dan BOD dan TSS

### a. % Efektivitas penurunan konsentrasi COD

#### - Membran A

Konsentrasi awal = 415,31 mg/L

Konsentrasi akhir = 163,072 mg/L

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas penurunan konsentrasi COD} &= \frac{(K_a - K_a)}{K_a} \\
 &= \frac{(415,31 - 163,072)}{415,31} \times 100\% \\
 &= 60,7348 \%
 \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.



Tabel 12. Hasil Perhitungan %Efektivitas COD masing – masing membran

Membran	% Efektifitas
A	60,7348
B	65,2654
C	66,7756
D	66,7756
E	68,2858

**b. % Efektivitas penurunan konsentrasi BOD**

**- Membran A**

Konsentrasi awal = 51,66 mg/L

Konsentrasi akhir = 48,46 mg/L

$$\begin{aligned} \text{\% efektivitas penurunan konsentrasi COD} &= \frac{(K_a - K_a)}{K_a} \\ &= \frac{(51,66 - 48,46)}{51,66} \times 100\% \\ &= 6,1943\% \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 13. Hasil Perhitungan %Efektivitas BOD masing – masing membran

Membran	% Efektivitas
A	6,1943
B	42,5861
C	42,6829
D	24,2160
E	18,2733

**c. % Efektivitas penurunan konsentrasi TSS**

Konsentrasi awal = 316 mg/L

Konsentrasi akhir = 90 mg/L

$$\begin{aligned} \text{\% efektivitas penurunan konsentrasi TSS} &= \frac{(K_a - K_a)}{K_a} \\ &= \frac{(316 - 90)}{316} \times 100\% \\ &= 71,5189\% \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Tabel 14. Hasil Perhitungan %Efektivitas TSS masing – masing membran

Membran	% Efektivitas
A	71,5189
B	74,6835
C	75,9493
D	76,5822
E	79,7468

## LAMPIRAN 3

### DOKUMENTASI PENELITIAN

#### 3.1 Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar 1. Limbah cair kelapa sawit yang diambil dari kolam terakhir PT.Sawit Mas Sejahtera

### 3.2 Proses Pembuatan Membran Keramik



Gambar 2. Bahan yang digunakan untuk pembuatan membrane



Gambar 3. Cetakan membran



Gambar 4. Tungku pembakar dan kayu sebagai bahan pembakar



Gambar 5. Membran Keramik yang telah jadi

### 3.3 Proses Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Membrane Keramik



Gambar 6. Rangkaian alat Membran Keramik



Gambar 7. Sampel sebelum dan sesudah masuk membran

### 3.4 Analisa Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar 8. Proses Analisa Limbah Cair Kelapa Sawit (POME)

