

## LAMPIRAN A

### DATA HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Hasil Analisa Awal Limbah Cair Kelapa Sawit

No.	Parameter	Satuan	Jumlah Kandungan	Standar yang diizinkan
1.	pH	-	6,27	6,0-9,0
2.	COD	ppm	608,608	350
3.	BOD	ppm	150	100
4.	TDS	ppm	7,633	1500

Tabel 2. Hasil Analisa Karakterisasi Membran

Jenis Membran	Karakteristik Membran		
	Luas (m <sup>2</sup> )	Ketebalan (mm)	Kandungan Air (%)
1			24,4444
2			29,4117
3	7,85x10 <sup>-3</sup>	300	24,24242
4			21,42857
5			20,68966

Tabel 3. Hasil Analisa Parameter Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Penambahan Alum

Parameter	Satuan	Sebelum	Setelah Penambahan Alum	Standar Mutu*	% Penurunan
pH	-	6,27	7,41	6,5-9,0	1,9257
COD	ppm	608,608	469,4976	350	22,8571
BOD	ppm	150	126	100	16
TDS	ppm	7,633	5,289	1500	6,1069

Tabel 4. Data Untuk Penentuan Fluks Air Murni (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	10.5	0.00785	7.27934486	6.564015
	0.02	21.31	0.00785	7.17345106	
	0.03	36.19	0.00785	6.33598682	
	0.04	51.88	0.00785	5.89307024	
	0.05	62.26	0.00785	6.13822045	
1,5	0.01	9.22	0.00785	8.28992636	6.761594
	0.02	21.6	0.00785	7.07714084	
	0.03	32.49	0.00785	7.05753657	
	0.04	59.26	0.00785	5.15917118	
	0.05	61.4	0.00785	6.22419552	
2	0.01	7.66	0.00785	9.97821423	9.268344
	0.02	13.33	0.00785	11.4678351	
	0.03	29.88	0.00785	7.67400813	
	0.04	38.9	0.00785	7.85944689	
	0.05	40.82	0.00785	9.36221473	

Keterangan: Membran 1, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:28%:1%)

Tabel 5. Data Untuk Penentuan Fluks Air Murni (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	14.09	0.00785	5.424636	6.521053
	0.02	21.31	0.00785	7.1734511	
	0.03	37.19	0.00785	6.1656188	
	0.04	42.07	0.00785	7.2672328	
	0.05	58.13	0.00785	6.5743266	
1,5	0.01	11.89	0.00785	6.4283533	6.226299
	0.02	28.38	0.00785	5.3864074	
	0.03	37.14	0.00785	6.1739193	
	0.04	45.33	0.00785	6.7445948	
	0.05	59.73	0.00785	6.3982187	
2	0.01	9.41	0.00785	8.1225421	7.227762
	0.02	21.55	0.00785	7.0935611	
	0.03	33.06	0.00785	6.9358549	
	0.04	44.93	0.00785	6.8046402	
	0.05	53.21	0.00785	7.182214	

Keterangan: Membran 2, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:28%:2%)

Tabel 6. Data Untuk Penentuan Fluks Air Murni (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	17.66	0.00785	4.3280363	5.545068
	0.02	24.33	0.00785	6.283035	
	0.03	39.99	0.00785	5.7339176	
	0.04	58.61	0.00785	5.2163877	
	0.05	62	0.00785	6.1639614	
1,5	0.01	15.36	0.00785	4.9761146	5.935851
	0.02	28.38	0.00785	5.3864074	
	0.03	37.14	0.00785	6.1739193	
	0.04	45.33	0.00785	6.7445948	
	0.05	59.73	0.00785	6.3982187	
2	0.01	12.19	0.00785	6.2701494	6.857284
	0.02	21.55	0.00785	7.0935611	
	0.03	33.06	0.00785	6.9358549	
	0.04	44.93	0.00785	6.8046402	
	0.05	53.21	0.00785	7.182214	

Keterangan: Membran 3, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:27%:3%)

Tabel 7. Data Untuk Penentuan Fluks Air Murni (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	20.16	0.00785	3.7913254	4.444532
	0.02	36.23	0.00785	4.2193277	
	0.03	48.47	0.00785	4.7307482	
	0.04	68.01	0.00785	4.4954049	
	0.05	76.65	0.00785	4.9858526	
1,5	0.01	18.03	0.00785	4.2392191	5.172698
	0.02	33.47	0.00785	4.5672615	
	0.03	44.52	0.00785	5.1504799	
	0.04	53.91	0.00785	5.6711646	
	0.05	61.29	0.00785	6.2353664	
2	0.01	16.45	0.00785	4.6463903	6.157601
	0.02	27.3	0.00785	5.599496	
	0.03	38.69	0.00785	5.9265796	
	0.04	43.37	0.00785	7.0494001	
	0.05	50.51	0.00785	7.5661375	

Keterangan: Membran 4, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:27%:4%)

Tabel 8. Data Untuk Penentuan Fluks Air Murni (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	22.13	0.00785	3.4538238	4.249906
	0.02	39.06	0.00785	3.9136263	
	0.03	50.11	0.00785	4.5759202	
	0.04	69.73	0.00785	4.3845186	
	0.05	77.65	0.00785	4.9216433	
1,5	0.01	19.88	0.00785	3.8447244	4.940653
	0.02	34.47	0.00785	4.4347619	
	0.03	46.07	0.00785	4.9771948	
	0.04	55.82	0.00785	5.4771137	
	0.05	64.02	0.00785	5.9694721	
2	0.01	17.92	0.00785	4.2652411	5.799334
	0.02	30.15	0.00785	5.0701904	
	0.03	41.11	0.00785	5.5777028	
	0.04	46.3	0.00785	6.6032934	
	0.05	51.09	0.00785	7.4802428	

Keterangan: Membran 5, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:25%:5%)

Tabel 9. Data Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	15.1	0.00785	5.06180	5.4999969
	0.02	26.13	0.00785	5.85022	
	0.03	41.09	0.00785	5.580418	
	0.04	56.88	0.00785	5.375044	
	0.05	67.85	0.00785	5.632507	
1,5	0.01	14.32	0.00785	5.337508	5.5479733
	0.02	26.7	0.00785	5.725327	
	0.03	37.49	0.00785	6.116281	
	0.04	64.09	0.00785	4.770362	
	0.05	66	0.00785	5.790388	
2	0.01	12.4	0.00785	6.163961	7.2853182
	0.02	18.33	0.00785	8.339675	
	0.03	34.77	0.00785	6.594747	
	0.04	43.64	0.00785	7.005786	
	0.05	45.92	0.00785	8.322422	

Keterangan: Membran 1, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:28%:1%)

Tabel 10. Data Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	20.19	0.00785	3.78569198	5.653111
	0.02	26.13	0.00785	5.85021975	
	0.03	39.86	0.00785	5.75261824	
	0.04	44.7	0.00785	6.83965289	
	0.05	63.3	0.00785	6.03737133	
1,5	0.01	16.55	0.00785	4.61831547	5.825097
	0.02	22.38	0.00785	6.83048445	
	0.03	39.14	0.00785	5.85844055	
	0.04	54.33	0.00785	5.62732347	
	0.05	61.73	0.00785	6.19092184	
2	0.01	12.37	0.00785	6.17891035	6.261271
	0.02	25.39	0.00785	6.02072635	
	0.03	38.06	0.00785	6.02468111	
	0.04	46.13	0.00785	6.6276281	
	0.05	59.21	0.00785	6.45440981	

Keterangan: Membran 2, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:28%:2%)

Tabel 11. Data Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	20.75	0.00785	3.683524	5.1301427
	0.02	27.02	0.00785	5.657522	
	0.03	43	0.00785	5.332543	
	0.04	61.11	0.00785	5.002986	
	0.05	63.97	0.00785	5.974138	
1,5	0.01	17.49	0.00785	4.370104	5.5273109
	0.02	30.39	0.00785	5.030149	
	0.03	41.08	0.00785	5.581776	
	0.04	48.4	0.00785	6.316787	
	0.05	60.3	0.00785	6.337738	
2	0.01	12.19	0.00785	6.270149	6.7084241
	0.02	24.55	0.00785	6.226731	
	0.03	31.06	0.00785	7.382465	
	0.04	48.2	0.00785	6.342998	
	0.05	52.21	0.00785	7.319778	

Keterangan: Membran 3, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:27%:3%)

Tabel 12. Data Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	25	0.00785	3.057325	4.18612148
	0.02	38.89	0.00785	3.930734	
	0.03	51.07	0.00785	4.489903	
	0.04	67.01	0.00785	4.56249	
	0.05	78.15	0.00785	4.890155	
1,5	0.01	21.03	0.00785	3.63448	4.83593997
	0.02	37.11	0.00785	4.119274	
	0.03	49.04	0.00785	4.675762	
	0.04	52.66	0.00785	5.805782	
	0.05	64.29	0.00785	5.944402	
2	0.01	19.8	0.00785	3.860259	5.63593531
	0.02	30.3	0.00785	5.04509	
	0.03	40.69	0.00785	5.635276	
	0.04	47.37	0.00785	6.454137	
	0.05	53.19	0.00785	7.184915	

Keterangan: Membran 4, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:26%:4%)

Tabel 13. Data Penentuan Fluks Limbah Cair Kelapa Sawit (Jv)

Tekanan (bar)	Volume (L)	Waktu tempuhan (menit)	Luas (m <sup>2</sup> )	Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)	Rata-rata Fluks (L/m <sup>2</sup> jam)
1	0.01	24.4	0.00785	3.13250496	3.987719
	0.02	42.01	0.00785	3.638806047	
	0.03	56.25	0.00785	4.076433121	
	0.04	71.22	0.00785	4.292789723	
	0.05	79.65	0.00785	4.798061583	
1,5	0.01	21.46	0.00785	3.56165522	4.779631
	0.02	37.5	0.00785	4.076433121	
	0.03	49.29	0.00785	4.652046319	
	0.04	57.21	0.00785	5.344039225	
	0.05	61.01	0.00785	6.263983037	
2	0.01	21.92	0.00785	3.486912455	5.298953
	0.02	33.43	0.00785	4.572726355	
	0.03	42.21	0.00785	5.43234691	
	0.04	49.3	0.00785	6.201470265	
	0.05	56.19	0.00785	6.801309932	

Keterangan: Membran 5, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:25%:5%)

Tabel 14. Data Perhitungan COD

Membran	Tekanan	Volume Sampel	Volume Blanko	Volume Titran	N FAS	COD
1	1	2.5	6.3	5.49	0.05434	140.8493
2	1	2.5	6.3	5.52	0.05434	135.6326
3	1	2.5	6.3	5.73	0.05434	99.1162
4	1	2.5	6.3	5.8	0.05434	86.944
5	1	2.5	6.3	6.1	0.05434	34.7776

Keterangan: Tekanan 1 Bar

Tabel 15. Data Perhitungan COD

Membran	Tekanan	Volume Sampel	Volume Blanko	Volume Titran	N FAS	COD
1	1.5	2.5	6.3	5.4	0.05434	147.8048
2	1.5	2.5	6.3	5.2	0.05434	191.2768
3	1.5	2.5	6.3	5.7	0.05434	104.3328
4	1.5	2.5	6.3	5.7	0.05434	104.3328
5	1.5	2.5	6.3	6	0.05434	52.1664

Keterangan: Tekanan 1.5 Bar

Tabel 16. Data Perhitungan COD

Membran	Tekanan	Volume Sampel	Volume Blanko	Volume Titran	N FAS	COD
1	2	2.5	6.3	5.45	0.05434	156.4992
2	2	2.5	6.3	5.5	0.05434	139.1104
3	2	2.5	6.3	5.65	0.05434	113.0272
4	2	2.5	6.3	5.9	0.05434	69.5552
5	2	2.5	6.3	5.9	0.05434	69.5552

Keterangan: Tekanan 2 Bar

### Hasil Analisa Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum dan Sesudah Dilewatkan ke Membran

Tabel 17. Data Analisa Parameter

No.	Tekanan (bar)	Parameter	Satuan	Kandungan Parameter		Rejeksi (%)	Standar Mutu*
				Alum	Sesudah		
1	1	pH	-	7,61	7,51	1,3141	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	140,849	70	350
		TDS	ppm	5,289	5,078	3,989	1500
2	1,5	pH	-	7,61	7,55	0,7884	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	147,805	68,519	350
		TDS	ppm	5,289	5,127	3,063	1500
3	2	pH	-	7,61	7,59	0,2692	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	156,499	66,667	350
		TDS	ppm	5,289	5,1900	1,8718	1500

Keterangan: Membran 1, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:29%:1%)

Tabel 18. Hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Dilewatkan Membran

No.	Tekanan (bar)	Parameter	Satuan	Kandungan Parameter		Rejeksi (%)	Standar Mutu*
				Alum	Sesudah		
1	1	pH	-	7,61	7,3	4,07359	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	135,632	71,1111	350
		TDS	ppm	5,289	5,0013	5,4396	1500
2	1,5	pH	-	7,61	7,4	2,7595	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	191,276	59,2593	350
		TDS	ppm	5,289	5,1280	3,0441	1500
3	2	pH	-	7,61	7,42	2,49672	6,0-9,0
		COD	ppm	469,4976	139,1104	70,3704	350
		TDS	ppm	5,289	5,1997	31,6884	1500

Keterangan: Membran 2, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:28%:2%)



Tabel 19. Hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Dilewatkan Membran

No.	Tekanan (bar)	Parameter	Satuan	Kandungan Parameter		Rejeksi (%)	Standar Mutu*
				Alum	Sesudah		
1	1	pH	-	7,61	7,3	4,07359	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	99,1162	78,8888	
		TDS	ppm	5,289	4,5180	14,5774	
2	1,5	pH	-	7,61	7,34	3,5479	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	104,3328	77,7778	
		TDS	ppm	5,289	4,8691	7,9391	
3	2	pH	-	7,61	7,41	2,62812	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	113,0272	75,9259	
		TDS	ppm	5,289	5,0013	5,4396	

Keterangan: Membran 3, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:27%:3%)

Tabel 20. Hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Dilewatkan Membran

No.	Tekanan (bar)	Parameter	Satuan	Kandungan Parameter		Rejeksi (%)	Standar Mutu*
				Alum	Sesudah		
1	1	pH	-	7,61	7,3	4,07358	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	86,4815	81,4815	
		TDS	ppm	5,289	3,9660	25,0141	
2	1,5	pH	-	7,61	7,48	1,70828	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	104,3328	77,7778	
		TDS	ppm	5,289	4,2283	20,0548	
3	2	pH	-	7,61	7,5	1,4455	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	69,5552	85,1852	
		TDS	ppm	5,289	4,6671	11,7584	

Keterangan: Membran 4, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:26%:4%)

Tabel 21. Hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Dilewatkan Membran

No.	Tekanan (bar)	Parameter	Satuan	Kandungan Parameter		Rejeksi (%)	Standar Mutu*
				Alum	Sesudah		
1	1	pH	-	7,61	7,2	5,38765	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	34,7776	92,5926	
		TDS	ppm	5,289	3,6442	31,0985	
2	1,5	pH	-	7,61	7,25	4,73062	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	52,1664	88,8889	
		TDS	ppm	5,289	3,8603	27,0127	
3	2	pH	-	7,61	7,41	2,62812	6,0-9,0 350 1500
		COD	ppm	469,4976	69,5552	85,1852	
		TDS	ppm	5,289	4,2167	20,2742	

Keterangan: Membran 5, kitosan-PVA-silika (Komposisi 70%:25%:5%)

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN

#### a. Penentuan Fluks ( $J_v$ ) Air Murni dan Limbah Cair Kelapa Sawit

Contoh perhitungan data hasil pengamatan untuk penentuan nilai fluks pada tekanan 1 bar membran 1:

Diketahui : Luas Membran (A) : 0,00785 m<sup>2</sup>

Volume permeat (V) : 0,01 liter

Waktu Tempuh (t) : 10,5 menit = 0,175 jam

Ditanya : Fluks ( $J_v$ ) ?

Penyelesaian :

$$J_v = \frac{V}{A \times t}$$

$$J_v = \frac{0,01 \text{ liter}}{0,00785 \text{ m}^2 \times 0,175} = 7.2793 \text{ liter/m}^2\text{jam}$$

Dengan cara yang sama maka dapat hasil selanjutnya ditabulasikan dan dapat dilihat pada tabel 4 – 13 pada lampiran A.

#### b. Penentuan Nilai Selektivitas (Rejeksi) Membran

Contoh perhitungan nilai rejeksi pH pada kondisi tekanan 1 bar membran 1 :

Diketahui : Konsentrasi permeat ( $C_p$ ) : 7,51

Konsentrasi Feed ( $C_f$ ) : 7,61

Ditanya : Rejeksi (R) ?

Penyelesaian :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100 \%$$

$$R = 1 - \frac{7,51}{7,61} \times 100\% = 1,3141 \%$$

Dengan cara yang sama maka dapat diketahui nilai rejeksi untuk tiap-tiap membran. Tabel Rejeksi (R) pH.

Jenis Membran	Rejeksi pH (R) %		
	P = 1 bar	P = 1.5 bar	P = 2 bar
1	1.3141	0.7884	0.2692
2	4.0736	2.7995	2.4967
3	4.0736	3.5479	2.6281
4	4.0736	1.7083	1.4455
5	5.3877	4.7306	2.6281

Jenis Membran	Rejeksi COD (R) %		
	P = 1 bar	P = 1.5 bar	P = 2 bar
1	70	68.519	66.667
2	71.1111	59.2594	70.3704
3	78.8888	77.7778	75.9259
4	81.4815	77.7778	85.1852
5	92.5926	88.8889	20.2742

Jenis Membran	Rejeksi TDS (R) %		
	P = 1 bar	P = 1.5 bar	P = 2 bar
1	3.989	3.063	1.8718
2	5.4396	3.0441	1.6884
3	14.5774	7.9391	5.4396
4	25.01418	20.0548	11.7584
5	31.0985	27.0127	20.2742

Jenis Membran	Rejeksi BOD (R)
	%
	P = 1 bar
1	33.58333
2	45.25
3	48.75
4	50.5833
5	56.75

**c. Penentuan Nilai COD**

Diketahui : Volume FAS untuk Blanko = 6,3 ml  
Volume FAS untuk Sampel = 5,49 ml

Ditanya : COD (ppm)?

Jawab :

$$COD = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{Volume\ sampel}$$

$$COD = \frac{(6,3 - 5,49) \times 0,05434 \times 8000}{2,5}$$

$$COD = 140,8493\ ppm$$

Dengan cara yang sama maka dapat diketahui nilai COD untuk tiap-tiap sampel yang digunakan yang telah ditabulasikan pada Lampiran A.

## LAMPIRAN C

## GAMBAR



Gambar 1. Tempat Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar 2. Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Diolah (Kolam 4)

Gambar 3. Sampel Limbah Cair Setelah Penambahan Koagulan



Gambar 4. Proses Penimbangan Bahan Baku (Kitosan, PEG, & Silika)



Gambar 5. Pembuatan Larutan Kitosan



Gambar 6. Pembuatan Larutan PVA



Gambar 7. Proses Pencampuran



Gambar 8. Proses Pengadukan



Gambar 9. Proses Penuangan Dope



Gambar 10. Proses Pencetakan Ke Plat kaca



Gambar 11. Proses Pengovenan (oven 60 °C)



Gambar 12. Perendaman NaOH 1%





Gambar 13. Penentuan Koagulan Optimum 1000 ppm, 2000 ppm, & 3000 ppm



Gambar 14. Penentuan Uji Fluks Membran



Gambar 15. Membran yang sudah dilewatkan limbah cair kelapa sawit





Gambar 16. Proses analisa pH dan TDS



Gambar 17. Proses Titrasi COD



Gambar 18. Hasil Analisa COD



Gambar 19. Hasil Permeat yang diperoleh