

LAMPIRAN

A. Analisa pH

Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter digital di Laboratorium Pengolahan dan Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel A.1

Tabel A.1. Hasil analisa pH

Sampel	Hari				
	0	4	8	12	16
A (MEC-AD pH 5)	4.89	5.3	5.34	5.34	5.38
B (MEC-AD pH 6)	5.87	5.19	5.15	5.2	5.2
C (MEC-AD pH 7)	6.86	5.8	5.86	5.88	6.03
D (MEC-AD pH 8)	7.87	5.44	5.42	5.45	5.52
E (AD pH 5)	4.89	5.25	5.21	5.25	5.32
F (AD pH 6)	5.87	5.1	5.02	5.07	5.07
G (AD pH 7)	6.86	5.72	5.81	5.88	5.97
H (AD pH 8)	7.87	5.27	5.15	5.23	5.2

B. Produksi Biogas

Data produksi biogas terdiri dari data harian dan kumulatif. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel B.1 dan B.2.

Tabel B.1. Data Volume Biogas Harian

Hari Ke	MEC-AD				AD			
	A (MEC-AD pH 5)	B (MEC-AD pH 6)	C (MEC-AD pH 7)	D (MEC-AD pH 8)	E (AD pH 5)	F (AD pH 6)	G (AD pH 7)	H (AD pH 8)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1.5	18.3	33.9	2.3	12.5	16	14.3	8
2	18.8	12.4	23.9	13.7	24.8	2.3	8.2	19.3
3	11.5	3.9	5.5	17.4	12.7	0	6.7	6.2
4	1.4	0.9	3.4	3	1.1	3.9	4.5	5.4
5	0.5	3.5	1.6	0.4	0.8	0.8	8	3.7
6	0.5	9.5	0.5	0.6	1.4	2	2.8	2.6
7	0	0.8	0.7	1	0.6	1	1	0.9
8	0	1.2	0.1	0.3	0.1	0.8	2	1.1
9	0	0.8	0.3	1.8	0	0.4	2.4	2.4

10	0	0.2	0	2	0	0.4	2.1	1
11	0	0.4	0	2	0	0.4	0	3
12	0	0	0	0.7	0	0	0	0.7
13	0	0	0	0.1	0	0	0	0.3
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B.1. Data Volume Biogas Kumulatif

Hari Ke	MEC-AD				AD			
	A (MEC-AD pH 5)	B (MEC-AD pH 6)	C (MEC-AD pH 7)	D (MEC-AD pH 8)	E (AD pH 5)	F (AD pH 6)	G (AD pH 7)	H (AD pH 8)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	7.31	89.17	165.17	11.21	60.91	77.96	52.33	29.28
2	98.91	149.58	281.63	77.96	181.74	89.17	82.34	99.91
3	154.94	168.59	308.42	162.74	243.62	89.17	106.86	122.60
4	161.76	172.97	324.99	177.36	248.98	108.17	123.33	142.36
5	164.20	190.02	332.79	179.30	252.88	112.07	152.61	155.90
6	166.64	236.31	335.22	182.23	259.70	121.81	162.86	165.42
7	166.64	240.21	338.63	187.10	262.62	126.68	166.52	168.71
8	166.64	246.06	339.12	188.56	263.11	130.58	173.84	172.74
9	166.64	249.95	340.58	197.33	263.11	132.53	182.62	181.52
10	166.64	250.93	340.58	207.08	263.11	134.48	190.31	185.18
11	166.64	252.88	340.58	216.82	263.11	136.43	190.31	196.16
12	166.64	252.88	340.58	220.23	263.11	136.43	190.31	198.72
13	166.64	252.88	340.58	220.72	263.11	136.43	190.31	199.82
14	166.64	252.88	340.58	220.72	263.11	136.43	190.31	199.82
15	166.64	252.88	340.58	220.72	263.11	136.43	190.31	199.82
16	166.64	252.88	340.58	220.72	263.11	136.43	190.31	199.82

C. Analisa VFA

$$VFA(\frac{mg}{L}) = \frac{\left(\frac{mL\ NaOH\ x\ Normalitas\ NaOH}{mL\ sampel}\right) \times BM\ Asam\ Asetat\ x\ 1000}{faktor\ recovery\ alat}$$

Tabel C.1. Hasil Analisa VFA

A (MEC-AD pH 5)	1710					5263	5670	4050	4050
B (MEC-AD pH 6)	1710	9449	9474	7763	7763				
C (MEC-AD pH 7)	1710	6075	5131	5130	4995				
D (MEC-AD pH 8)	1710	9210	8639	7631	7631				
E (AD pH 5)	1710	6184	4725	4185	4320				
F (AD pH 6)	1710	10124	7368	8552	8552				
G (AD pH 7)	1710	6184	4590	4860	4455				
H (AD pH 8)	1710	10131	8421	8552	8552				

D. Analisa COD

Untuk mencari nilai COD pada hari ke-0 (Influen), menggunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$COD\ Influen\ (\frac{mg}{L}) = \frac{COD\ limbah\ Tapioka\ (\frac{mg}{L}) \times 0.4L + COD\ Inokulum\ (\frac{mg}{L}) \times 0.1L}{0.4\ L + 0.1\ L}$$

Dan besarnya persentase penyisihan COD setiap sampel dapat diperoleh menggunakan rumus berikut ini:

$$COD\ yang\ Hilang\ (\frac{mg}{L}) = \frac{COD\ Influen\ (\frac{mg}{L}) - COD\ Effluen\ (\frac{mg}{L})}{COD\ Influen\ (\frac{mg}{L})} \times 100\%$$

Tabel C.1. Hasil Analisa COD

Data	COD Influen (mg/L)	COD Effluen (mg/L)	COD yang hilang (%)
A (MEC-AD pH 5)	4849	3198	34
B (MEC-AD pH 6)	4849	3635	25

C (MEC-AD pH 7)	4849	2752	43
D (MEC-AD pH 8)	4849	3891	20
E (AD pH 5)	4849	3449	29
F (AD pH 6)	4849	3694	24
G (AD pH 7)	4849	3042	37
H (AD pH 8)	4849	4148	14

E. Kinetika Model Produksi Biogas Modifikasi Gompertz

Model modifikasi Gompertz digunakan untuk memprediksikan nilai laju produksi biogas maksimum (μ), waktu adaptasi (λ), dan nilai produksi biogas maksimal (A) dengan menggunakan persamaan modifikasi Gompertz. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh data yang disajikan pada Tabel H.1 dan H.2.

$$y(t) = A \times \exp \left\{ - \exp \left[\frac{\mu \times e}{A} (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$$

- Keterangan :
- y_t = Produksi biogas pada waktu t (mL/g COD)
 - A = Produksi biogas maksimal (mL/g COD)
 - μ = Laju produksi biogas maksimum (mL/g COD.hari)
 - λ = Waktu adaptasi (hari)
 - E = Konstanta matematika (2,718)
 - t = Waktu tinggal di dalam digester (hari)

Tabel E.1. Hasil Prediksi Volume Pembentukan Biogas Modifikasi Gompertz

Variables	A (mL/g-COD)	μ (mL/g-COD/day)	λ (Days)	MAPE (%)
A (SEM-AD pH 5)	166,64	109,78	1,08	0,264
B (SEM-AD pH 6)	252,90	59,00	0,00	5,978
C (SEM-AD pH 7)	340,58	170,00	0,00	1,056
D (SEM-AD pH 8)	207,11	83,34	1,06	6,029
E (AD pH 5)	263,11	133,09	0,55	0,600
F (AD pH 6)	136,45	31,03	0,00	7,032
G (AD pH 7)	190,48	36,16	0,00	4,416
H (AD pH 8)	197,20	42,73	0,40	5,979

Tabel E.2. Hasil Prediksi Volume Pembentukan Biogas Modifikasi Gompertz

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	7.31	
1	7.31	98.91	0.0001032
2	98.91	152.75	0.0002367
3	154.94	164.24	1.4154364
4	161.76	166.23	1.5275165
5	164.20	166.57	1.2381996
6	166.64	166.63	0.0404194
7	166.64	166.63	0.0067702
8	166.64	166.64	0.0011558
9	166.64	166.64	0.0002192
10	166.64	166.64	6.291E-05
11	166.64	166.64	3.684E-05
12	166.64	166.64	3.249E-05
13	166.64	166.64	3.177E-05
14	166.64	166.64	3.164E-05
15	166.64	166.64	3.162E-05
16	166.64	7.31	3.162E-05
Rata Rata			0.2643947

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	16.69	
1	89.17	59.82	32.914961
2	149.58	117.72	21.298587
3	168.59	168.59	2.121E-05
4	172.97	203.96	17.913384
5	190.02	225.63	18.740114
6	236.31	238.05	0.736863
7	240.21	244.91	1.9586719
8	246.06	248.63	1.0473878
9	249.95	250.63	0.2699139
10	250.93	251.69	0.3048683
11	252.88	252.26	0.2441355
12	252.88	252.56	0.1250946
13	252.88	252.72	0.0619001
14	252.88	252.81	0.0283667

15	252.88	252.85	0.0105767
16	252.88	252.88	0.00114
Rata Rata			5.9784991
Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	22.47	
1	165.17	169.14	2.4036109
2	281.63	284.42	0.9916891
3	308.42	325.14	5.4198159
4	324.99	336.54	3.5530369
5	332.79	339.54	2.0282752
6	335.22	340.31	1.5184002
7	338.63	340.51	0.5550313
8	339.12	340.56	0.4257612
9	340.58	340.58	0.0013519
10	340.58	340.58	0.0003481
11	340.58	340.58	8.963E-05
12	340.58	340.58	2.308E-05
13	340.58	340.58	5.942E-06
14	340.58	340.58	1.53E-06
15	340.58	340.58	3.939E-07
16	340.58	340.58	1.014E-07
Rata Rata			1.0560901

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	0.03	
1	11.21	11.21	6.674E-05
2	77.96	77.97	0.0128174
3	162.74	149.31	8.2510225
4	177.36	185.61	4.6545039
5	179.30	199.65	11.344176
6	182.23	204.58	12.265597
7	187.10	206.26	10.239811
8	188.56	206.83	9.6852514
9	197.33	207.01	4.906548
10	207.08	207.08	0.0004922
11	216.82	207.10	4.484082
12	220.23	207.11	5.9600691
13	220.72	207.11	6.1665793
14	220.72	207.11	6.1662164
15	220.72	207.11	6.1660949
16	220.72	207.11	6.1660542

Rata Rata	6.0293364
-----------	-----------

AD pH 5

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	0.81	
1	60.91	60.91	0.0001379
2	181.74	181.75	0.0023885
3	243.62	239.61	1.6443716
4	248.98	256.96	3.2052093
5	252.88	261.54	3.4259816
6	259.70	262.71	1.1603234
7	262.62	263.01	0.1473042
8	263.11	263.09	0.0095981
9	263.11	263.10	0.0023768
10	263.11	263.11	0.0005509
11	263.11	263.11	8.924E-05
12	263.11	263.11	2.749E-05
13	263.11	263.11	5.7E-05
14	263.11	263.11	6.447E-05
15	263.11	263.11	6.635E-05
16	263.11	263.11	6.683E-05
Rata Rata			0.5999134

AD pH 6

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	9.00	
1	77.96	31.53	59.551905
2	89.17	61.96	30.511367
3	89.17	89.17	1.325E-05
4	108.17	108.49	0.2978322
5	112.07	120.59	7.6038757
6	121.81	127.66	4.7990993
7	126.68	131.64	3.910086
8	130.58	133.83	2.4900605
9	132.53	135.03	1.8872732
10	134.48	135.68	0.8942845
11	136.43	136.03	0.289199
12	136.43	136.22	0.1499579
13	136.43	136.33	0.0748395
14	136.43	136.38	0.0343343
15	136.43	136.41	0.0124991

16	136.43	136.43	0.00073
Rata Rata			7.0317098

AD pH 7

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	12.57	
1	52.33	37.60	28.146918
2	82.34	72.32	12.167096
3	106.86	106.86	7.643E-05
4	123.33	134.90	9.3819684
5	152.61	155.03	1.5868746
6	162.86	168.45	3.4338624
7	166.52	177.01	6.2986098
8	173.84	182.32	4.8787555
9	182.62	185.56	1.6121274
10	190.31	187.53	1.4588462
11	190.31	188.71	0.8373302
12	190.31	189.42	0.4645062
13	190.31	189.85	0.2413153
14	190.31	190.10	0.1078633
15	190.31	190.25	0.0281262
16	190.31	190.34	0.0194959
Rata Rata			4.4164857

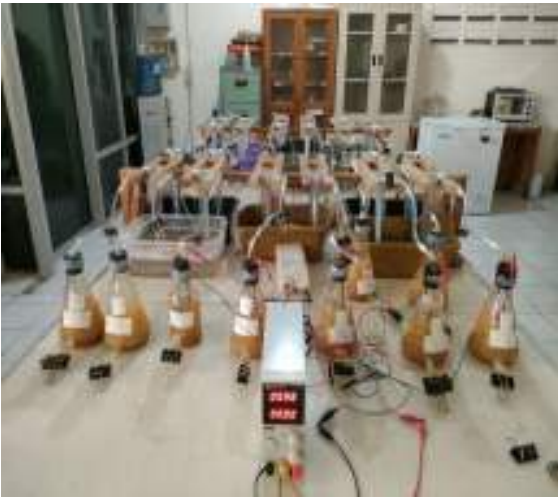
AD pH 8

Hari	Yield percobaan	Yield model	MAPE
0	0.00	6.34	
1	29.28	29.29	0.0250184
2	99.91	68.44	31.497609
3	122.60	109.62	10.588579
4	142.36	142.36	0.0001777
5	155.90	164.58	5.5667693
6	165.42	178.38	7.8322469
7	168.71	186.52	10.555296
8	172.74	191.20	10.687756
9	181.52	193.85	6.7901219
10	185.18	195.33	5.4813213
11	196.16	196.16	4.584E-05
12	198.72	196.62	1.0570341
13	199.82	196.88	1.4723363
14	199.82	197.02	1.4010498
15	199.82	197.10	1.3614717

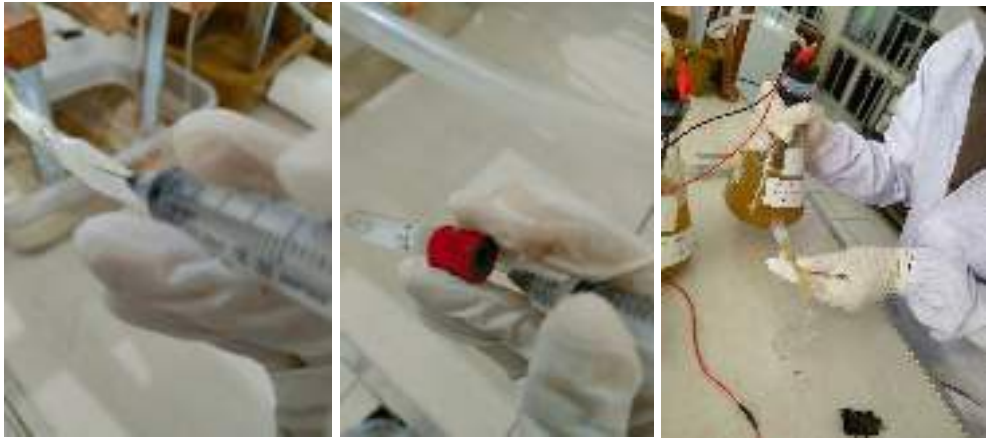
16	199.82	197.14	1.3395036
Rata Rata			5.9785

F. Dokumentasi

1. Proses AD dan MEC-AD



2. Pengambilan sampel Cair dan Gas





3. Analisis VFA



4. Analisis COD





FORMULIR BIMBINGAN PROPOSAL TESIS
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA UNTIRTA

Nama/NIM : Nur Khomariah/7780230003
Pembimbin 1 : Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT
Pembimbin 2 : Prof. Teguh Kurniawan, ST, MT.,Ph.D
Judul Tesis : Produksi Biogas Dari Limbah Cair Industri Tepung Tapioka Melalui Pencernaan Anaerob Berbantuan Sel Elektrolisis Mikroba (SEM-AD)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Dosen Pembimbing	
			1	2
1.	5/03/2024	Penentuan topik penelitian awal yaitu produksi biogas menggunakan limbah cair tahu dan mencari artikel berkaitan dengan limbah cair tahu	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
2.	21/04/2024	Perubahan bahan baku yang digunakan pada penelitian sehingga menjadi produksi biogas dari limbah cair tapioka menggunakan teknologi SEM-AD (Microbial Elektrolisi Sel-Anaerobic Diggester) (BAB 1)	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
3.	08/06/2024	Revisi BAB 1 dan BAB 2: Pendahuluan dan Kajian Pustaka	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
4.	10/09/2024	Diskusi metode Analisis TS, TSS dan TDS pada bahan baku, serta analisis VFA dan COD pada sampel	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	

5	05/02/2025	Bimbingan proposal BAB 1-3, melengkapi ruang lingkup dan hipotesis		Prof. Teguh Kurniawan, ST, MT.,Ph.D
6	20/03/2024	Penambahan faktor Recovery pada analisis VFA	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
7.	30/04/2025	Diskusi penulisan Artikel ilmiah dan menyesuaikan pada templat jurnal yang akan dituju	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
8.	5/05/2025	Revisi penulisan artikel sebelum di submit, penyesuaian gambar dan grafik pada artikel agar lebih kontras dan interval disamakan		Prof. Teguh Kurniawan, ST, MT.,Ph.D
9.	5/06/2025	Revisi penurunan similarity pada artikel yang akan di submit	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
10.	17/06/2025	Revisi BAB 4 penambahan kandunga metana pada pH 7		Prof. Teguh Kurniawan, ST, MT.,Ph.D
11.	13/06/2025	Revisi proposal BAB 4 dan BAB 5, penambahan penelitian sebelumnya tentang biogas menggunakan MEC-AD	Dr. Iqbal Syaichurrozi, ST. MT	
12.	13/06/2025	Revisi proposal BAB 4 dan 5		Prof. Teguh Kurniawan, ST, MT.,Ph.D