

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Limbah Cair Laundry

Limbah cair Laundry yang digunakan berasal dari usaha laundry X yang bersumber dari kegiatan pencucian baju. Air limbah laundry ini memiliki warna terang keruh, berbau, dan berbusa. Limbah cair laundry diambil dari beberapa *outlet* mesin pencucian pakaian. Kemudian air limbah dianalisis untuk mengetahui konsentrasi awal sebelum dilakukan pengolahan.

Berdasarkan analisis awal yang telah dilakukan, diperoleh hasil konsentrasi air limbah laundry dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Limbah Laundry**

No.	Parameter	Konsentrasi Air Limbah*	Baku Mutu**
1.	COD	597,33 mg/L	40 mg/L
2.	TSS	202,33 mg/L	100 mg/L

Keterangan :

- \* Hasil Analisis Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang, 2025
- \*\* Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, Kelas 3

Berdasarkan perlakuan yang akan dilakukan setelah proses pengolahan, air limbah laundry akan dibuang ke resapan tanah, baku mutu yang digunakan diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, lampiran 6, kelas 3.

## 4.2 Proses Pengolahan Limbah Cair Laundry

### 4.2.1 Proses *Seeding*

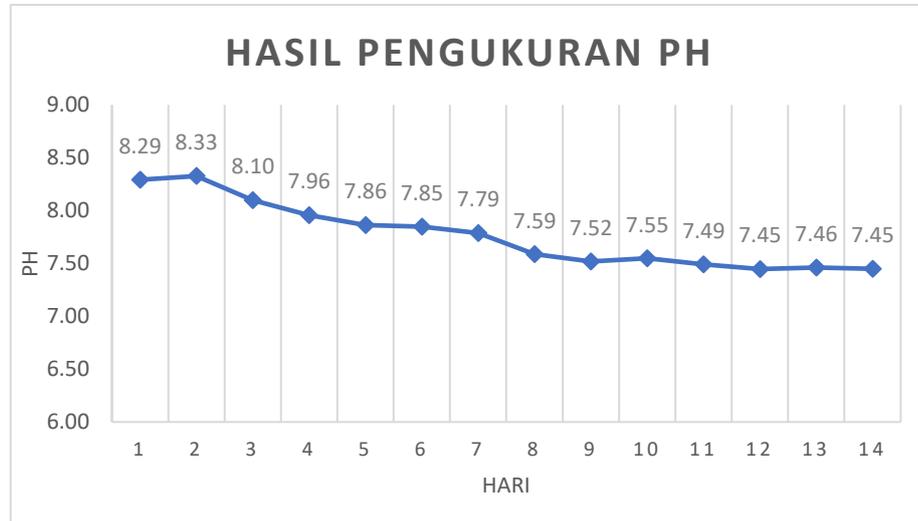
Proses *seeding* dalam penelitian ini dilakukan selama 14 hari dalam menumbuhkan mikroorganisme pada media *bioball*. Berdasarkan hasil analisis selama proses *seeding*, nilai pH dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

**Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Nilai pH**

Hari	Hasil pengujian ph			Rata-rata
	P1	P2	P3	
1	8.34	8.23	8.31	8.29
2	8.32	8.35	8.31	8.33
3	8.10	8.08	8.12	8.10
4	7.98	7.95	7.94	7.96
5	7.87	7.85	7.87	7.86
6	7.86	7.87	7.81	7.85
7	7.77	7.78	7.81	7.79
8	7.56	7.59	7.61	7.59
9	7.54	7.51	7.51	7.52
10	7.53	7.57	7.55	7.55
11	7.48	7.52	7.47	7.49
12	7.44	7.46	7.44	7.45
13	7.44	7.49	7.45	7.46
14	7.45	7.46	7.44	7.45

Sumber : Hasil penelitian, 2025

Hasil grafik nilai pH selama proses *seeding* dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Nilai pH pada proses *seeding*

Berdasarkan hasil analisis selama proses *seeding*, nilai suhu untuk reaktor Biofilter media *bioball* dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

**Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Suhu**

Hari	Hasil Pengujian Suhu (°C)			Rata-Rata (°C)
	P1	P2	P3	
1	27,63	27,77	27,67	27,69
2	27,57	27,66	27,61	27,61
3	27,67	27,62	27,23	27,51
4	27,61	27,55	27,58	27,58
5	27,23	27,63	27,63	27,50
6	27,58	27,57	27,57	27,57
7	27,64	27,67	27,67	27,66
8	27,68	27,61	27,61	27,63
9	27,51	27,23	27,23	27,32
10	27,61	27,58	27,66	27,62
11	27,77	27,64	27,62	27,68
12	27,66	27,68	27,77	27,70
13	27,62	27,51	27,66	27,60
14	27,55	27,61	27,62	27,59

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil grafik nilai suhu selama proses *seeding* dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Nilai suhu pada proses *seeding*

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan nilai pH mengalami penurunan. Pada reaktor bermedia *bioball* didapatkan nilai pH awal sebesar 8,29 dan pH hari ke-14 sebesar 7,66

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2, menunjukkan bahwa suhu pada reaktor bermedia *bioball* pada hari ke-1 sebesar 27,69°C dan pada hari ke-14 sebesar 27,59°C.

#### 4.2.2 Aklimatisasi

Proses aklimatisasi dilakukan selama 5 hari dengan mengganti air limbah sisa *seeding* dengan air limbah baru secara bertahap sampai limbah terganti 100%, kemudian dilakukan analisis COD. Untuk mengetahui penyisihan COD dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

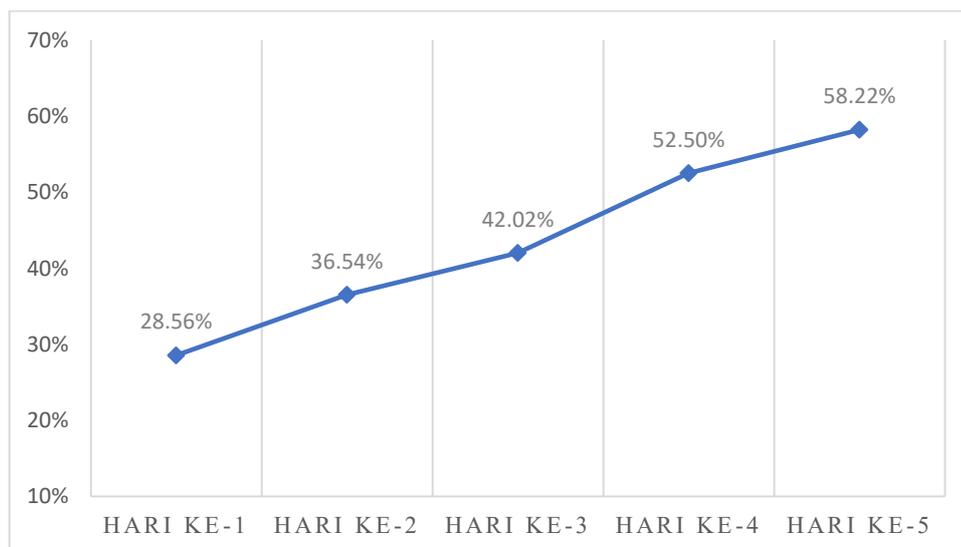
Hasil pengukuran COD proses aklimatisasi pada reaktor Biofilter anaerob media *bioball* dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini grafik penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini:

**Tabel 4.4 Hasil pengukuran COD proses aklimatisasi**

Hari Ke-	Konsentrasi COD Awal (mg/L)	Konsentrasi COD Akhir (mg/L)			Rata-rata Konsentrasi COD Akhir (mg/L)	Persentase Efisiensi Penurunan COD (%)
		Pengujian				
		I	II	III		
1	487,34	349,05	352,11	343,27	348,14	28,56
2	506,47	328,82	312,86	322,61	321,43	36,54
3	526,86	302,69	308,78	304,91	305,46	42,02
4	552,61	264,78	260,21	262,56	262,52	52,50
5	587,67	245,48	242,37	248,73	245,53	58,22

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Grafik penurunan efisiensi COD dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini:



**Gambar 4.3 Grafik Efisiensi COD pada Proses Aklimatisasi**

Berdasarkan Tabel 4.3 efisiensi peurunan COD pada reaktor biofilter bermedia *bioball* mengalami kenaikan, hal ini menunjukkan efektivitas proses degradasi konsentrasi COD menggunakan mikroorganisme cukup baik. Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.3 persentase efisiensi COD hari ke-1 sebesar 28,56%, pada hari ke-2 mengalami kenaikan menjadi 36,54%, pada hari ke-3 mengalami kenaikan menjadi 42,02%, pada hari ke-4 mengalami kenaikan menjadi 52,50%, pada hari ke-5 mengalami kenaikan menjadi 58,22%.

#### 4.2.3 Tahap Aklimatisasi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)

Tahap aklimatisasi tumbuhan dilakukan selama 7 hari. Tumbuhan yang hidup dalam keadaan tidak mati dan tidak layu dipilih untuk digunakan pada uji fitoremediasi. Sebelum dilakukan proses aklimatisasi, dilakukan pembersihan kotoran-kotoran yang menempel pada akar dan daun. Karakteristik tanaman yang digunakan pada tahap aklimatisasi adalah jumlah daun 7-8 helai per tanaman, dengan ukuran daun berkisar 5-8 cm dan panjang akar berkisar 5-10 cm. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan air bersih.

**Tabel 4.5 Proses Aklimatisasi Tanaman**

Hari Ke-	Gambar	Keterangan
1		Hari pertama aklimatisasi kondisi tanaman Kayu apu masih segar ditandai dengan daunnya yang berwarna hijau muda. Akar tanaman memiliki jumbai panjang dan berwarna kuning kecoklatan dan putih.
2		Pada hari kedua kondisi tanaman Kayu apu tidak mengalami perubahan. Tanaman kayu apu masih segar ditandai dari daunnya yang masih hijau.

3		<p>Pada hari ketiga, kondisi tanaman tidak mengalami perubahan yang signifikan. Daun-daun nya yang masih hijau dan segar serta akar yang mengambang.</p>
4		<p>Pada Hari keempat aklimatisasi, tanaman juga tidak mengalami perubahan yang signifikan. Daun masih hijau dan segar serta akar yang mengambang.</p>
5		<p>Pada hari kelima kondisi tanaman mulai mengalami sedikit perubahan yaitu beberapa helai daun terluar ujung-ujungnya mulai sedikit mengering dikarenakan faktor suhu dan paparan sinar matahari yang mempengaruhi, sedangkan untuk daun lain masih terlihat segar dan hijau serta akar yang mengambang</p>
6		<p>Pada hari keenam kondisi tanaman sama seperti kondisi tanaman pada hari kelima dan terdapat pula bitnik- bintik kuning pada beberapa helai daun. Namun pada tanaman lainnya masih terlihat segar dan hijau.</p>
7		<p>Pada hari ketujuh kondisi tanaman sama seperti kondisi tanaman pada hari keenam, bintik-bintik kuning pada beberapa helai daun semakin bertambah dan terdapat helai daun yang ujungnya menguning. Namun pada tanaman lainnya masih terlihat segar dan hijau.</p>

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

### 4.3 Analisis Data

#### 4.3.1 Analisis Deskriptif

Pada penelitian ini limbah laundry akan di olah pada reaktor biofilter anaerob dengan waktu tinggal 2 hari. Setelah 2 hari, limbah laundry dari reaktor biofilter anaerob akan dialirkan ke reaktor fitoremediasi untuk diolah dengan waktu tinggal 5 hari. Selama proses pengolahan dilakukan pengukuran konsentrasi COD TSS dan pH.

##### 4.3.1.1 Analisis Konsentrasi COD Selama Penelitian

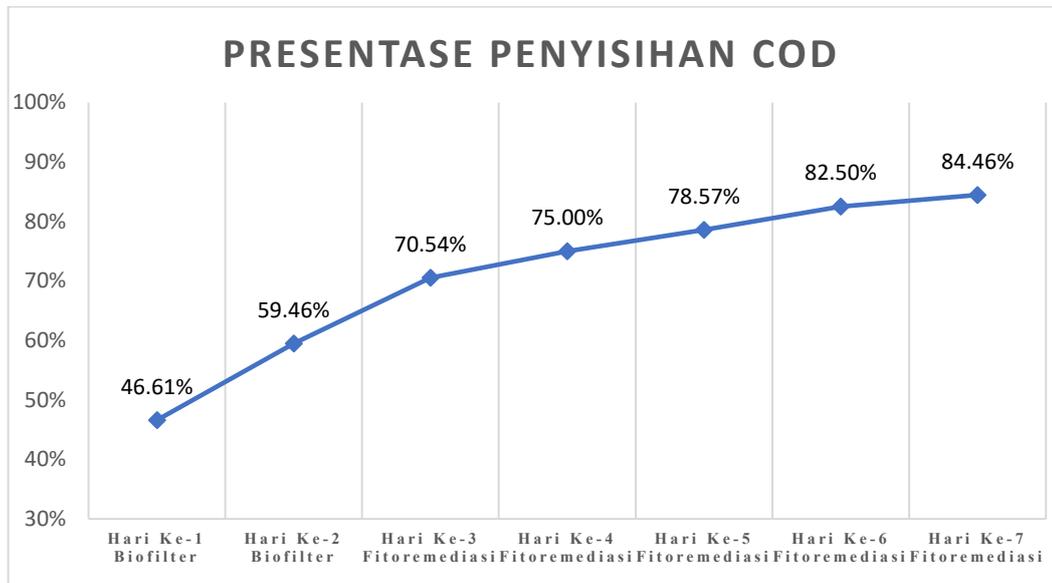
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengolahan dengan biofilter-fitoremediasi pada limbah cair laundry memiliki kemampuan cukup baik untuk penurunan konsentrasi COD. Persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini :

**Tabel 4.6 Persentase penyisihan konsentrasi COD**

<b>Sampel</b>	<b>Hari ke-</b>	<b>Nilai Awal</b>	<b>Nilai Akhir</b>	<b>Presentase penyisihan</b>
Biofilter	1	597.33	318.93	46.43%
	2		242.13	59.46%
Fitoremediasi	3		176.00	70.54%
	4		149.33	75.00%
	5		128.00	78.57%
	6		104.53	82.50%
	7		92.80	84.46%

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Grafik presentase penyisihan COD selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4.4 Grafik Presentase Penyisihan COD

Dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.4 presentase penyisihan COD tertinggi pada reaktor biofilter terjadi pada hari ke-2 dengan nilai 59,43% dan presentase penyisihan COD tertinggi pada reaktor fitoremediasi terjadi pada hari ke-7 dengan nilai 84,46%.

#### 4.3.1.2 Analisis Konsentrasi TSS Selama Penelitian

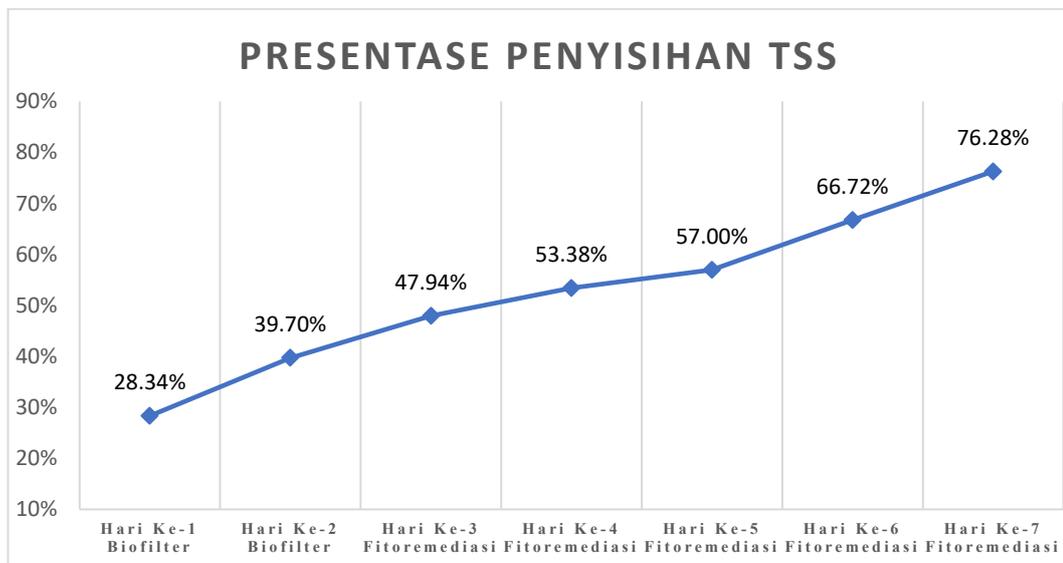
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengolahan dengan reaktor biofilter-fitoremediasi pada limbah cair laundry memiliki kemampuan cukup baik untuk penurunan konsentrasi TSS. Persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini

**Tabel 4. 7 Hasil Analisis Konsentrasi Akhir TSS**

Sampel	Hari ke-	Nilai Awal	Nilai Akhir	Presentase penyisihan
Biofilter	1	202.33	145.00	28.34%
	2		122.00	39.70%
Fitoremediasi	3		105.33	47.94%
	4		94.33	53.38%
	5		87.00	57.00%
	6		67.33	66.72%
	7		48.00	76.28%

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Grafik presentase penyisihan TSS selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini



**Gambar 4.5 Grafik Penyisihan TSS**

Dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.5 presentase penyisihan TSS tertinggi pada reaktor biofilter terjadi pada hari ke-2 dengan nilai 39,70% dan presentase penyisihan TSS tertinggi pada reaktor fitoremediasi terjadi pada hari ke-7 dengan nilai 76,28%

### 4.3.1.3 Analisis pH

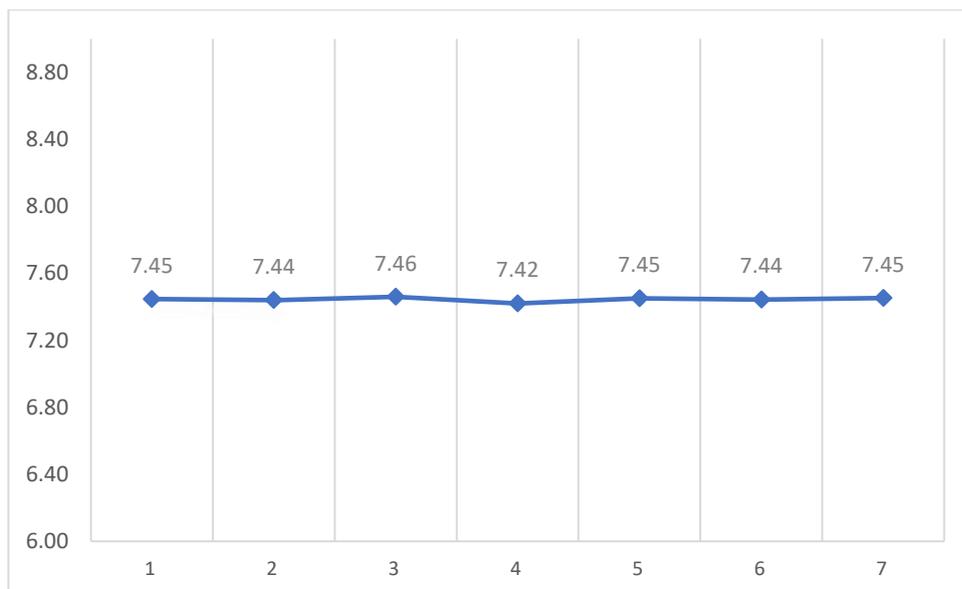
Hasil pengujian pH pada pengolahan biofilter anaerob dengan media *bioball* dan fitoremediasi pada pengolahan limbah cair laundry dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini

**Tabel 4.8 Hasil Analisis pH**

Sampel	Hari Ke-	Hasil Pengujian pH			Rata-rata
		P1	P2	P3	
Biofilter	1	7.43	7.48	7.43	7.45
	2	7.47	7.43	7.42	7.44
Fitoremediasi	3	7.46	7.49	7.43	7.46
	4	7.44	7.41	7.41	7.42
	5	7.43	7.47	7.45	7.45
	6	7.45	7.42	7.46	7.44
	7	7.46	7.46	7.44	7.45

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Grafik presentase penyisihan TSS selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini



**Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian pH**

Dapat dilihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.6 nilai pH berada di rentang 7,62-7,86 dan pada Reaktor kontrol di dapatkan hasil 7,96. Pada Reaktor fitoremediasi nilai pH sebesar 7,62-7,66. Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, nilai pH untuk klasifikasi kelas IV adalah air yang digunakan untuk mengairi tanaman berada pada kisaran 5-9. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian ditemukan nilai pH berada pada kisaran 7,62 – 7,66. Dengan demikian, kondisi pH pada reaktor fitoremediasi masih berada pada kisaran pH yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

#### 4.3.1.2 Pengamatan Morfologi Tanaman kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*)

Pada percobaan ini juga peneliti mengamati morfologi dari tanaman kayu apu selama proses fitoremediasi. Hasil pengamatan morfologi tanaman kayu apu dapat dilihat pada tabel 4.9

**Tabel 4.9 Pengamatan Tanaman Selama Percobaan**

Hari Ke-	Gambar	Keterangan
1		Hari pertama percobaan kondisi tanaman Kayu apu tanaman terlihat Keseluruhan daun berwarna hijau dan mengambang di atas permukaan air, tanpa adanya daun yang menguning dan seluruh akar terlihat
2		Pada hari kedua kondisi tanaman Kayu apu tidak mengalami perubahan. Tanaman kayu apu masih segar ditandai dari daunnya yang masih hijau.

3		Hari ketiga percobaan kondisi tanaman Kayu apu, terlihat mengalami perubahan pada sebagian daun yang mulai menguning dan beberapa akar mulai rontok
4		Hari keempat percobaan kondisi tanaman Kayu apu, terlihat mengalami perubahan dimana semua daun mulai menguning, dan beberapa akar mulai lepas
5		Hari kelima percobaan kondisi tanaman Kayu apu, terlihat mengalami perubahan dimana semua daun mulai menguning dan beberapa mulai membusuk, beberapa akar mulai lepas dan ada 2 tanaman kayu apu yang tenggelam

Sumber: Hasil pengamatan, 2025

Berdasarkan tabel 4.9 didapatkan pengamatan morfologi tanaman kayu apu, pada hari ke-1 tidak mengalami perubahan maupun perubahan yang signifikan, dimana daun masih berwarna hijau dan akar masih terlihat, pada hari ke-2 tanaman kayu apu masih tidak mengalami perubahan, kondisi tanaman kayu apu masih sama seperti pada hari pertama, pada hari ke-3 tanaman kayu apu mulai mengalami perubahan, dimana pada beberapa kayu apu daun mulai menguning dan akar yang rontok, pada hari ke-4 semua daun tanaman kayu apu mulai menguning dan beberapa akar mulai lepas, pada hari ke-5 tanaman kayu apu pada beberapa daun mulai membusuk, beberapa akar tanaman sudah terlepas dan ada 2 tanaman kayu apu yang tenggelam

### 4.3.2 Analisis ANOVA *One Way*

Analisis ANOVA *One Way* yang bertujuan untuk mengetahui hubungan pengaruh antara ketebalan media terhadap penyisihan parameter COD, dan TSS sehingga dapat ditarik kesimpulan. Sebelum melakukan analisis ANOVA *One Way* dilakukan beberapa pengujian yakni uji normalitas dan uji homogenitas.

#### 4.3.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas ini bertujuan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas, adalah sebagai berikut :

- a. Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal, dinyatakan dengan H<sub>0</sub>
- b. Jika nilai Sig < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal, dinyatakan dengan H<sub>1</sub>

Hasil uji normalitas *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut.

**Tabel 4.10 Hasil Uji Normalitas *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

Tests of Normality							
WAKTU	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
COD	1.00	.179	3	.	.999	3	.951
	2.00	.263	3	.	.955	3	.593
	3.00	.175	3	.	1.000	3	1.000
	4.00	.253	3	.	.964	3	.637
	5.00	.175	3	.	1.000	3	1.000
	6.00	.331	3	.	.865	3	.281
	7.00	.175	3	.	1.000	3	1.000

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Hasil Uji Normalitas, 2025

Berdasarkan Tabel 4.12 hasil uji normalitas diperoleh nilai signifikan (Sig.) pada Hari ke-1 yakni 0,951 > 0,05, pada Hari ke-2 yakni 0,593 > 0,05, pada Hari ke-3 yakni 1 > 0,05, pada Hari ke-4 yakni 0,637 > 0,05, pada Hari ke-5 yakni 1 > 0,05, pada Hari ke-6 yakni 0,281 > 0,05, dan pada Hari ke-7 yakni 1 > 0,05.

Berdasarkan nilai signifikan yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa data kadar COD berdistribusi normal.

Hasil uji normalitas *Total Suspended Solid* (TSS) dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut.

**Tabel 4.11 Hasil Uji Normalitas *Total Suspended Solid* (TSS)**

<b>Tests of Normality</b>							
	WAKTU	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TSS	1.00	.175	3	.	1.000	3	1.000
	2.00	.276	3	.	.942	3	.537
	3.00	.219	3	.	.987	3	.780
	4.00	.253	3	.	.964	3	.637
	5.00	.175	3	.	1.000	3	1.000
	6.00	.292	3	.	.923	3	.463
	7.00	.276	3	.	.942	3	.537

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Hasil Uji Normalitas, 2025

Berdasarkan Tabel 4.11 hasil uji normalitas diperoleh nilai signifikan (Sig.) pada Hari ke-1 yakni  $1 > 0,05$ , pada Hari ke-2 yakni  $0,537 > 0,05$ , pada Hari ke-3 yakni  $0,780 > 0,05$ , pada Hari ke-4 yakni  $0,637 > 0,05$ , pada Hari ke-5 yakni  $1 > 0,05$ , pada Hari ke-6 yakni  $0,463 > 0,05$ , dan pada Hari ke-7 yakni  $0,537 > 0,05$ . Berdasarkan nilai signifikan yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa data kadar TSS berdistribusi normal.

#### 4.3.2.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan syarat kedua untuk dilakukannya uji Anova. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang digunakan homogen atau tidak. Adapun pengambilan keputusan pada uji normalitas, adalah sebagai berikut :

- a. Jika nilai Sig.  $> 0,05$  maka data homogen, dinyatakan dengan H0
- b. Jika nilai Sig  $< 0,05$  maka data tidak homogen, dinyatakan dengan H1

Hasil uji homogenitas *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut ini.

**Tabel 4. 12 Hasil Uji Homogenitas *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
COD	Based on Mean	1.741	6	14	.184
	Based on Median	.919	6	14	.510
	Based on Median and with adjusted df	.919	6	7.109	.532
	Based on trimmed mean	1.685	6	14	.197

Sumber : Hasil Uji Homogenitas, 2025

Berdasarkan Tabel 4.12 diperoleh hasil bahwa nilai signifikansi uji homogenitas signifikan (Sig.) adalah  $0,197 > 0,05$  dan  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa distribusi data penyisihan parameter COD adalah homogen.

Hasil Uji Homogenitas *Total Suspended Solid* (TSS) dapat dilihat pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

**Tabel 4.13 Hasil Uji Homogenitas *Total Suspended Solid* (TSS)**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TSS	Based on Mean	.855	6	14	.550
	Based on Median	.275	6	14	.939
	Based on Median and with adjusted df	.275	6	9.220	.935
	Based on trimmed mean	.804	6	14	.583

Sumber : Hasil Uji Homogenitas, 2025

Berdasarkan Tabel 4.13 diperoleh hasil bahwa nilai signifikansi uji homogenitas signifikan (Sig.) adalah  $0,583 > 0,05$  dan  $H_0$  diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa distribusi data penyisihan parameter TSS adalah homogen.

#### 4.3.2.3 Analisis ANOVA *One-Way*

Adapun pengambilan keputusan menurut signifikansinya, adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan signifikan atau H0 diterima
  2. Jika nilai Sig < 0,05 maka terdapat perbedaan signifikan atau H1 diterima  
Dengan hipotesis variabel waktu tinggal
1. H0 = Tidak ada perbedaan penurunan konsentrasi berdasarkan waktu tinggal.
  2. H1 = Ada perbedaan tingkat penurunan konsentrasi berdasarkan waktu tinggal

Hasil analisis ANOVA *One Way* dalam penurunan COD terhadap variabel waktu tinggal dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini

**Tabel 4.14 Hasil Analisis ANOVA *One Way* Penurunan COD**  
**ANOVA**

COD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	119221.238	6	19870.206	25.351	<,001
Within Groups	10973.333	14	783.810		
Total	130194.571	20			

Sumber : Hasil Uji ANOVA *One Way*, 2025

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat diperoleh nilai signifikan sebesar  $0,001 < 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 ditolak dan H1 diterima sehingga ada pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan COD secara signifikan.

Hasil Analisis ANOVA *One-Way* dalam Penurunan TSS terhadap variabel waktu tinggal dapat dilihat pada Tabel 4.15 dibawah ini

**Tabel 4.15 Hasil Analisis ANOVA *One Way* Penurunan TSS**

ANOVA					
TSS	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19117.143	6	3186.190	474.539	<,001
Within Groups	94.000	14	6.714		
Total	19211.143	20			

Sumber : Hasil Uji ANOVA *One Way*, 2025

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat diperoleh nilai signifikan sebesar  $0,001 < 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga ada pengaruh waktu tinggal penurunan TSS secara signifikan.

#### 4.4 Pembahasan

##### 4.4.1 Proses *Seeding*

Sebelum melaksanakan proses pengolahan perlu dilakukannya proses *seeding* pada media *bioball*. *Seeding* dilaksanakan untuk menumbuhkan mikroorganisme hingga terbentuk lapisan biofilm yang menempel pada media, proses *seeding* dilakukan selama 7 sampai 14 hari (Ghaisani dan Purnomo, 2024). Pengamatan visual dilakukan hingga timbul lapisan lendir berwarna hitam kecoklatan serta tidak mudah terlepas dari media (Filliazati, 2013). Proses *seeding* dilakukan sampai biofilm sudah terbentuk pada media yang ditandai dengan perubahan warna pada media menjadi kecoklatan dan adanya lapisan biofilm yang menyelimuti permukaan media (Dickdoyo dan Cahyonugroho, 2021). Pada penelitian ini proses *seeding* dilakukan selama 14 hari untuk menumbuhkan mikroorganisme hingga terbentuk lapisan biofilm pada media *bioball*, pada hari ke-7 mulai terlihat lapisan lendir berwarna putih, pada hari ke-14 lapisan biofilm sudah berwarna agak kecokelatan.

Selama proses *seeding* di lakukan juga analisis pH dengan yang dapat dilihat pada tabel 4.2 berdasarkan hasil analisis yang didapatkan nilai pH berada pada nilai 7,45-8,33 dari hasil analisis juga didapatkan adanya penurunan nilai pH diduga karena aktifitas mikroorganisme metagonik. Bakteri metanogenik memerlukan

asam asetat, CO<sub>2</sub> dan ion hidrogen (H<sub>2</sub>) dalam pembentukan gas metana. Sesuai dengan pendapat Husin (2008) menyatakan proses metanasi dilakukan oleh dua grup bakteri yang sama-sama menghasilkan gas metan. Grup pertama disebut asitogenik yang merubah asam asetat menjadi gas metana dan CO<sub>2</sub> melalui reaksi : CH<sub>3</sub>COOH → CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O. Grup kedua adalah bakteri metanogenik yang menggunakan ion hidrogen (H) sebagai elektron donor dan CO<sub>2</sub> sebagai akseptor untuk membentuk metana melalui reaksi : CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O. Menurut Sugiyana (2008) menyatakan bahwa produksi gas metan oleh bakteri metanogenik berlangsung dengan baik pada pH 6-8. menurut Rittman et al, (2012) Pemrosesan biofilter anaerob berfungsi paling bagus untuk tingkat pH yang mendekati titik netral, atau pH 6,6 - 7,6 Tingkat pH dibawah 6,6 bisa menghambat aktivitas bakteri metanogenik. Suhu pada proses *seeding* dilakukan analisis setiap hari yang dapat dilihat pada tabel 4.2, dari hasil yang didapatkan dapat dilihat secara keseluruhan terjadi fluktuasi nilai suhu dari hari ke-1 hingga hari ke-14 pada reaktor biofilter anaerob, akan tetapi masih dalam Batasan suhu optimum untuk perkembangan mikroorganismenya yaitu 25°C-30°C (Ginting, 2018).

#### **4.4.2 Aklimatisasi Mikroorganismenya Pada *Bioball***

Setelah proses *seeding* selesai selanjutnya dilakukan aklimatisasi kepada biofilm yang telah menempel pada media *bioball*, aklimatisasi merupakan proses untuk mengadaptasikan mikroba yang terbentuk dengan bahan organik yang akan diolah (Amalia dan Prayitno, 2024). Menurut Atiqoh et al (2022) Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengganti secara bertahap air limbah hasil *seeding*. Aklimatisasi dapat dihentikan ketika pengolahan telah berada di fase ready state, yang mana dapat mendegradasi COD lebih dari 50% dan fluktuasi penurunan COD tidak lebih dari 10% (Qatrunada et al, 2025).

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.3 persentase penyisihan COD hari ke-1 sebesar 28,56%, pada hari ke-2 mengalami kenaikan menjadi 36,54%, pada hari ke-3 mengalami kenaikan menjadi 42,02%, pada hari ke-4 mengalami kenaikan menjadi 52,50%, pada hari ke-5 mengalami kenaikan menjadi 58,22%. Proses aklimatisasi ini dianggap berakhir ketika efisiensi penurunan konsentrasi COD

relatif stabil (Kholif et al, 2020). Menurut Kusumaningrum dan Rachmanto, 2022, apabila penyisihan bahan organik relatif stabil tidak melebihi 10% menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam keadaan *steady state* atau stabil sehingga dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya. Menurut Purnomo dan Rozika (2021) Kondisi *steady state* ditandai dengan penurunan nilai COD yang konstan dan fluktuasi nilai COD di setiap harinya tidak melebihi 10 %. Hasil penelitian pada hari ke-4 dan ke-5 reaktor biofilter bermedia *bioball* efisiensi penurunan konsentrasi COD sudah mencapai 52,50% dan 58,22%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan sudah mencapai 50% dari konsentrasi awal sehingga dapat disimpulkan proses aklimatisasi selesai (Aimia dan Ratni, 2023).

#### **4.4.3 Aklimatisasi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)**

Sebelum penelitian dilaksanakan kayu apu harus dilakukan proses aklimatisasi terlebih dahulu. Menurut Al Qohar dan Rahmayanti (2024). Aklimatisasi bertujuan agar tanaman beradaptasi sebelum dilakukan perlakuan dan untuk menetralkan zat-zat pengotor yang terdapat pada tanaman dari tempat asalnya (Jamil et al 2016). Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman pada suatu wadah bak plastik/baskom selama hampir 1 minggu sebelum dipindahkan ke reaktor uji sesungguhnya (Yanti dan simanjuntak, 2024). Selama pengamatan aklimatisasi tanaman kayu apu pada hari ke-1 sampai hari ke-4 tidak ada perubahan pada kayu apu yang dimana daun nya yang masih hijau dan segar serta akar yang mengambang, Pada hari ke-5, ke-6 dan ke-7 kondisi tanaman mengalami perubahan yaitu beberapa helai daun terluar ujung-ujungnya mulai sedikit mengering, sedangkan untuk daun lain masih terlihat segar dan hijau serta akar yang mengambang. Tumbuhan yang hidup dalam keadaan tidak mati dan tidak layu dipilih untuk digunakan pada uji fitoremediasi (Raisa dan Tangahu, 2020).

#### **4.4.4 Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

Hasil penelitian diketahui bahwa proses pengolahan biofilter anaerob dengan media *bioball* dengan waktu tinggal tertentu dapat menurunkan kadar COD. Berdasarkan hasil analisis statistik ANOVA One Way diketahui bahwa terdapat pengaruh signifikan lamanya waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi

parameter COD. Pengolahan dengan biofilter anaerob ini memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik tanpa oksigen. Mikroorganisme mampu menghasilkan banyak enzim dikarenakan faktor lingkungan serta nutrisi yang diberikan, kemudian diuraikan menjadi zat organik yang lebih sederhana dan mudah terurai (Kholif et al, 2022).

Kadar COD dapat di turunkan dengan menggunakan pengolahan cara anaerob dimana waktu tinggal pada proses anaerob akan membuat bertambahnya bakteri dalam mengoksidasi zat organik pada air limbah (Sasiang et al 2019). Menurut Praptiwi (2017) penurunan COD dapat terjadi karena adanya tahapan metanogenesis yang dimana mikroorganisme metanogenik melakukan penguraian pada bahan organik sehingga dapat terjadi pendegradasian senyawa organik pada air limbah.

Penurunan COD pada biofilter anaerob dapat terjadi dikarenakan polutan organik pada air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan udara, sehingga terjadi penyisihan bahan-bahan organik pada air limbah (Mualim et al, 2023) Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Kholif et al (2020) menggunakan biofilter anaerob menggunakan *bioball* sebagai media biofilm mendapatkan presentase penyisihan COD sebesar 33% dengan waktu tinggal 24 jam dan pada waktu tinggal 48 jam didapatkan presentase penyisihan COD sebesar 39%, semakin lama limbah berada di dalam reaktor pengolahan, maka akan semakin besar nilai penurunan kadar pencemarnya. Dalam penelitian ini didapatkan nilai penyisihan COD dengan waktu tinggal 1 hari dan 2 hari berturut-turut sebesar 28,56% dan 36,54% yang dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.4. pada pengolahan biofilter anaerob semakin lama waktu tinggal maka efisiensi pengolahan semakin besar karena air limbah akan lama terkontak dengan mikroorganisme, sehingga semakin banyak mikroorganisme yang melekat pada media *bioball* (Apema et al, 2023).

Penelitian akan dilanjutkan setelah limbah laundry diolah pada reaktor biofilter selama 2 hari, selanjutnya akan dilirankan ke reaktor fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai fitoremediator. Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah salah satu tanaman fitoremediator yang

mempunyai kemampuan dalam menyerap limbah baik berupa zat organik, anorganik bahkan logam berat (Audyanti et al, 2019). Kemampuan akar tanaman kayu apu dapat melakukan pemisahan terhadap zat yang dapat mengendap dan zat yang tersuspensi memudahkan bagi mikroba perombak untuk mendegradasi bahan organik pada limbah cair, dimana hasil perombakannya dapat digunakan sebagai nutrisi bagi pertumbuhan tanaman (Marenda et al, 2024).

Proses fitoremediasi dilakukan selama 5 hari, dengan dilakukan pengujian konsentrasi COD setiap 24 jam. Keberadaan tanaman kayu apu dapat menurunkan konsentrasi COD yaitu dengan diserapnya bahan-bahan organik oleh tanaman tersebut. Pada daerah akar terjadi degradasi materi organik secara aerob dan anaerob (Herlambang dan Herdiyanto, 2015). Menurut Herlambang et al, (2015) semakin lama waktu kontak tanaman kayu apu dengan air limbah semakin banyak zat organik yang diserap, sehingga kadar COD akan semakin tinggi efisiensinya. Penurunan COD juga dapat disebabkan oleh suplai oksigen terlarut dari hasil fotosintesis tanaman sehingga dekomposisi bahan organik menjadi lebih efektif (Supradata, 2005)

Hasil penelitian didapatkan nilai presentase penyisihan COD mengalami kenaikan dengan nilai presentase penyisihan COD, pada hari ke-1 sebesar 70.54%, pada hari ke-2 sebesar 75.00%, pada hari ke-3 sebesar 78.54%, pada hari ke-4 sebesar 82.50%, dan pada hari ke-5 sebesar 84,46%. Menurut Najah (2022) Penyisihan COD dengan menggunakan tanaman kayu apu dapat terjadi karena adanya proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan kemudian dilepaskan ke dalam air, sehingga dapat mengoksidasi senyawa organik yang terkandung dalam air tersebut. Selain itu, adanya proses penyerapan senyawa organik yang dilakukan tanaman dapat mengurangi kandungan senyawa organik pada air. Menurut Sasono dan Asmara (2013), penurunan kandungan COD salah satunya dipengaruhi oleh fungsi perakaran yang menyerap, mengurai polutan, dan penurunan kandungan COD. Pada akar tumbuhan terdapat mikroorganisme (*rhizosfera*) yang mampu mengurai senyawa organik, anorganik, bahkan logam di perairan. Mikroorganisme ini semakin efektif dalam menurunkan nilai COD (Herman et al., 2017).

#### 4.4.5 Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

Hasil penelitian diketahui bahwa proses pengolahan anaerobik biofilter dengan media *bioball* dengan waktu tinggal tertentu dapat menurunkan kadar TSS. Berdasarkan hasil analisis statistik ANOVA One Way dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh signifikan lamanya waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi parameter TSS. Selama proses pengolahan secara *batch* terjadi pengendapan partikel-partikel di dasar reaktor sehingga dalam pengambilan sampel pada outlet reaktor partikel padatan yang terurai tidak ikut tercampur (Purnomo, 2018).

Zat padatan tersuspensi yang bersifat anorganik dapat tersaring oleh media yang digunakan biofilter anaerob sedangkan yang bersifat organik (zat yang menempel pada residu) akan didegradasi oleh mikroorganisme yang menempel pada permukaan media (Salamah dan Rahmanto, 2021). Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Pramita dan Puspita, (2019) Proses penurunan TSS pada biofilter anaerob terjadi pada filter anaerobik dimana mikrobial yang tumbuh pada media anaerobik berperan sebagai pengurai zat organik tersuspensi di dalam limbah sehingga dapat mendegradasi zat organik tersuspensi secara anaerob, degradasi tersebut menyebabkan turunnya kadar zat organik tersuspensi (TSS) (Timpua Pianaung, 2019). Dalam penelitian yang dilakukan didapatkan penyisihan TSS dengan waktu tinggal 1 hari dan 2 hari berturut-turut sebesar 28,34% dan 39,70%. Efektifitas penguraian parameter TSS dalam air limbah ditentukan dari lamanya waktu kontak atau waktu tinggal air limbah dengan media. Semakin lama waktu tinggal limbah akan semakin meningkatkan efektivitas penyisihan parameter TSS dalam reaktor limbah (Handika et al, 2023).

Setelah limbah laundry diolah pada reaktor biofilter selama 2 hari selanjutnya akan diliarkan ke reaktor fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai fitoremediator. Menurut Fachrurozi et al (2010) penurunan nilai TSS dapat disebabkan karena partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan yang cukup ringan dan melayang akan menempel pada bagian akar, karena tanaman kayu apu memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat

menempelnya koloid yang melayang di air. Pada akar tumbuhan akan terjadi filtrasi atau fungsi rhizofiltrasi, yaitu pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi partikel solid, sehingga akan tertahan pada akar tumbuhan. Fungsi ini dapat berlangsung karena terdapat bakteri rhizosfer pada bagian akar kedua tumbuhan uji (Nizam et al, 2020)

Proses fitoremediasi dilakukan selama 5 hari, dengan dilakukan pengujian konsentrasi TSS setiap 24 jam, Menurut Prastikanala dan Wijaya (2023) tanaman Kayu Apu mampu menyerap berbagai zat yang terkandung di dalam air, baik terlarut maupun tersuspensi. Kecepatan penyerapan zat pencemar dari dalam air limbah oleh kayu apu dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan kadar zat yang terkandung dalam air limbah, dan waktu tinggal tumbuhan dalam air limbah. Menurut Fachrurozi (2010) yang mempengaruhi penurunan nilai TSS disebabkan karena akar serabut yang dimiliki tanaman kayu apu yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air. Semakin banyak akar serabut yang dimiliki, maka semakin banyak koloid yang menempel pada akar-akar tersebut.

Hasil penelitian didapatkan nilai presentase penyisihan TSS mengalami kenaikan dengan nilai presentase penyisihan TSS, pada hari ke-1 sebesar 47,94%, pada hari ke-2 sebesar 53,38%, pada hari ke-3 sebesar 57,00%, pada hari ke-4 sebesar 66,72%, dan pada hari ke-5 sebesar 76,28%. Penyisihan TSS pada tanaman Kayu Apu dibantu oleh bakteri *rhizosfer* yang ada di bagian akar (Rahadian et al, 2017). Menurut Ahmadlia (2012), bakteri *rhizosfer* dapat terlihat pada bagian lendir yang terdapat pada akar. Lendir ini yang akan menangkap partikel-partikel yang mengalir di limbah. Menurut putra dan Cahyonugroho (2021) Penyisihan kadar TSS dikarenakan adanya proses penyerapan oleh tumbuhan, sehingga didapatkan penurunan senyawa organik terlarut dan bahan organik hasil penyerapan akan mengendap.

#### 4.4.6 Kinerja Pengolahan Air Limbah

Hasil kinerja terbaik pengolahan air limbah dengan reaktor biofilter-fitoremediasi dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil Penurunan Konsentrasi Terbaik

<b>Parameter</b>	<b>Hari Ke-</b>	<b>Konsentrasi Awal (mg/L)*</b>	<b>Konsentrasi Akhir (mg/L)*</b>	<b>Persentase Penyisihan (%)</b>	<b>Baku Mutu (mg/L)**</b>
COD	7	597,7	92,80	84,46	40
TSS	7	202,33	48,00	76,28	100

Keterangan:

\* Hasil Analisis Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang, 2025

\*\* Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, Kelas 3

Berdasarkan tabel 4.16 hasil konsentrasi parameter COD masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, lampiran 6, Kelas 3, sedangkan untuk parameter TSS sudah memenuhi baku mutu yang berlaku.