

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Hasil Penelitian

Tahapan pemberian perlakuan setiap intervensi dilakukan di rumah peneliti, sedangkan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Bogor. Sampel air limbah diambil dari kolam *effluent* PT. X. Penelitian dilakukan selama 7 hari, dimana pada hari pertama kondisi cuaca cerah disertai adanya matahari. Pada kondisi hari kedua hingga ketujuh kondisi cuaca pagi hari cerah namun pada siang hari mengalami perubahan menjadi berawan dan mendung hingga disertai hujan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh fitoremediasi kayu apu dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS, minyak dan lemak pada limbah cair isotonik.

1. Hasil Intervensi terhadap pH

Tabel 4.1
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar pH dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>				NAB (mg/l)
		Berat Tumbuhan (gr)				
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)	
1	7,47	8,47	8	7,91	7,67	6-9
2	7,46	8,47	7,68	7,85	7,50	
3	7,40	8,47	7,78	7,70	7,91	
4	7,40	8,79	7,69	7,81	7,57	
5	7,31	8,46	7,94	7,81	7,72	
6	7,33	8,46	7,93	6,92	7,65	
Rata-rata	7,39	8,52	7,83	7,66	7,67	
Efisiensi (%)		-15,29%	-5,975%	-3,65%	-3,78%	

Keterangan: (*) melebihi NAB peraturan Menteri lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu tidak mampu menurunkan jumlah kadar pH. Dari berbagai variasi berat tumbuhan, hanya terdapat satu pengulangan yang mampu menurunkan jumlah kadar pH sedangkan hasil lainnya terjadi peningkatan jumlah kadar pH. Peningkatan jumlah kadar yang paling tinggi terdapat pada variasi berat 0 gr dengan efisiensi -15,29% atau dengan rata-rata 8,52. Peningkatan terendah terjadi pada variasi 125 gram dengan efisiensi -3,65% atau dengan rata-rata 7,66.

2. Hasil Intervensi terhadap Suhu

Tabel 4.2
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar Suhu dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>			
		Berat Tumbuhan (gr)			
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)
1	28,10	26,30	27,30	27	26,90
2	28,90	26,50	27,10	27,10	27
3	29,30	27	27	27,20	27,10
4	29,60	26,40	26,90	26,90	26,70
5	29,40	26,70	26,90	27,10	27,30
6	29	26,80	26,80	27,20	27,30
Rata-rata	29,05	26,61	27	27,08	27,05
Efisiensi (%)		8,39%	7,05%	6,78%	6,88%

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu menurunkan suhu. Variasi berat 0 gram menjadi variasi tertinggi yang menurunkan kadar suhu sebesar 8,39% atau terjadi penurunan rata-rata menjadi 26,61°C. Penurunan terendah terjadi pada variasi 125 gram dengan efisiensi sebesar 6,78% atau rata-rata menjadi 27,08°C.

3. Hasil Intervensi terhadap COD

Tabel 4.3
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar COD dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>				NAB (mg/l)
		Berat Tumbuhan (gr)				
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)	
1	99,20	48	100,80*	60,80	83,20	100
2	80	70,40	73,60	67,20	65,60	
3	44,80	80	72	68,80	67,20	
4	96	41,60	70,40	68,80	62,40	
5	32	99,20	68,80	62,40	62,40	
6	28,80	65,60	67,20	70,40	68,80	
Rata-rata	63,46	67,46	75,46	66,40	68,26	
Efisiensi (%)		-6,20%	-18,90%	-4,63%	-7,56%	

Keterangan: (*) melebihi NAB peraturan Menteri lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu tidak mampu menurunkan jumlah kadar COD. Dari berbagai variasi berat tumbuhan, tidak ada yang mampu menurunkan jumlah kadar COD, melainkan terdapat peningkatan jumlah kadar COD. Peningkatan jumlah kadar yang paling tinggi terdapat pada variasi berat 100 gr dengan efisiensi -18,90% atau dengan rata-rata 75,46 mg/l.

4. Hasil Intervensi terhadap BOD

Tabel 4.4
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar BOD dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>				NAB (mg/l)
		Berat Tumbuhan (gr)				
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)	
1	16	28	27,20	28	28	50
2	28,80	24,80	29,60	24	16	
3	19,20	25,60	30,40	27,20	17,60	
4	27,20	29,60	25,60	18,40	22,40	

5	24	28,80	24	23,20	19,20
6	17,60	27,20	22,40	26,40	23,20
Rata-rata	22,13	27,33	26,53	24,53	21,06
Efisiensi (%)	-	23,49%	-19,88%	-10,84%	4,83%

Keterangan: (*) melebihi NAB peraturan Menteri lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu sebagian besar mengalami peningkatan jumlah kadar BOD kecuali untuk berat 150 gr yang mampu menurunkan kadar BOD sebesar 4,83% atau sebanyak 1,07. Berat tumbuhan 0 gram atau kontrol menjadi variasi berat tumbuhan yang tertinggi mengalami peningkatan kadar BOD dari 22,13 menjadi 27,33.

5. Hasil Intervensi terhadap TSS

Tabel 4.5
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar TSS dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>				NAB (mg/l)
		Berat Tumbuhan (gr)				
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)	
1	504*	685*	582*	567*	454*	30
2	521*	618*	481*	592*	557*	
3	496*	630*	666*	578*	567*	
4	422*	724*	536*	583*	652*	
5	437*	629*	609*	632*	488*	
6	459*	796*	592*	524*	575*	
Rata-rata	473,16	680,33	577,66	579,33	548,83	
Efisiensi (%)	-	43,78%	-22,08%	-22,43%	-15,99%	

Keterangan: (*) melebihi NAB peraturan Menteri lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu tidak mampu menurunkan jumlah kadar TSS. Berdasarkan data rata-rata pada tabel 4.5 tidak ada variasi berat yang

mampu menurunkan jumlah kadar TSS, melainkan didapati adanya peningkatan jumlah kadar TSS. Peningkatan kadar yang paling tinggi terdapat pada variasi berat 0 gr, dimana terdapat peningkatan dari 473,16 menjadi 680,33 atau adanya peningkatan sebesar 207,17. Peningkatan terendah terdapat pada berat 150 gram dari 473,16 menjadi 548,83 atau adanya peningkatan sebesar 75,67. Semua hasil intervensi TSS tidak ada yang sesuai dengan NAB yaitu sebesar 30 mg/l.

6. Hasil Intervensi terhadap Minyak dan Lemak

Tabel 4.6
Hasil *Pre Test* dan *Post Test* Fitoremediasi Pada Kadar Minyak Lemak dengan Variasi Berat Kayu Apu

Replikasi	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>				NAB (mg/l)
		Berat Tumbuhan (gr)				
		0 gr (K)	100 gr (A)	125 gr (B)	150 gr (C)	
1	11*	11*	6	5	4	6
2	13*	9*	5	7*	5	
3	8*	10*	7*	6	6	
4	9*	14*	6	6	6	
5	7*	11*	6	8*	4	
6	4*	15*	7*	5	7*	
Rata-rata	8,66	11,66	6,16	6,16	5,33	
Efisiensi (%)		34,64%	28%	28%	38,45%	

Keterangan: (*) melebihi NAB peraturan Menteri lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil pengujian fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu mampu menurunkan kadar minyak dan lemak. Variasi berat 150 gram menjadi variasi tertinggi yang mampu menurunkan kadar minyak lemak sebesar 38,45% atau terjadi penurunan sebesar 3,33. Selanjutnya diikuti oleh variasi berat 100 gram dan 125 gram yang memiliki kesamaan dalam menurunkan kadar minyak dan lemak sebesar

28% atau penurunan sebanyak 2,5. Adapun peningkatan kadar minyak lemak didapati pada variasi berat 0 gram yang meningkat dari 8,66 menjadi 11,66.

Dari data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis data SPSS. Analisis dilakukan terhadap data yang diperoleh untuk melihat gejala pemusatan dan penyebaran data. Gejala pemusatan diukur dengan rata-rata (*mean*), maksimum, dan minimum, sedangkan gejala penyebaran diukur dengan menggunakan simpangan baku (standar deviasi) dan varians, hasilnya dapat dilihat pada tabel dengan *uji one way anova* sebagai berikut:

Tabel 4.7
Hasil Analisis Statistik Deskriptif Fitoremediasi Limbah Cair Isotonik pada Enam Kali Pengulangan dengan Uji *One Way Anova*

Kadar	Berat	Mean	Standar Deviasi	Varians	Minimum	Maksimum
COD	0 gram	67,46	21,09	444,84	41,60	99,20
	100 gram	75,46	12,61	159,14	67,20	100,80
	125 gram	66,40	3,88	15,10	60,80	70,40
	150 gram	68,26	7,75	60,07	62,40	83,20
BOD	0 gram	27,33	1,85	3,43	24,80	29,60
	100 gram	26,53	3,13	9,83	22,40	30,40
	125 gram	24,53	3,52	12,45	18,40	28
	150 gram	21,06	4,37	19,11	16	28
TSS	0 gram	680,33	69,80	4872,26	618	796
	100 gram	577,66	63,38	4017,86	481	666
	125 gram	579,33	35,10	1232,66	524	632
	150 gram	548,83	69,88	4883,76	454	652

Minyak Lemak	0 gram	11,66	2,33	5,46	9	15
	100 gram	6,16	0,75	0,56	5	7
	125 gram	6,16	1,16	1,36	5	8
	150 gram	5,33	1,21	1,46	4	7

Berdasarkan tabel 4.7 dapat diketahui hasil rata-rata, standar deviasi, varians, nilai minimum dan nilai maksimum pada setiap kadar. Kadar COD memiliki rata-rata terendah pada berat 125 gram, standar deviasi terendah pada berat 125 gram dan varians terendah pada berat 125 gram. Nilai minimum terdapat pada berat 0 gram dan nilai maksimum pada 100 gram. Kadar BOD memiliki rata-rata terendah pada berat 150 gram, standar deviasi terendah pada berat 0 gram dan varians terendah pada berat 0 gram. Adapun nilai minimum pada berat 150 gram dan nilai maksimum pada berat 100 gram.

Kadar TSS memiliki rata-rata terendah pada berat 150 gram, standar deviasi terendah pada berat 125 gram dan varians terendah pada berat 125 gram. Adapun nilai minimum pada berat 150 gram dan nilai maksimum pada berat 0 gram. Kadar minyak dan lemak memiliki rata-rata terendah pada berat 150 gram, standar deviasi terendah pada berat 100 gram dan varians terendah pada berat 100 gram. Adapun nilai minimum pada berat 150 gram dan nilai maksimum pada berat 0 gram.

B. Analisis Inferensial

Berdasarkan hasil uji normalitas data diketahui bahwa data berdistribusi tidak normal. Oleh karena itu, analisis inferensial guna menguji hipotesis dilakukan secara non parametrik.

1. Uji *Kruskal Wallis*

Uji *Kruskal-Wallis* ini ialah salah satu dari uji statistik non parametrik yang digunakan untuk melakukan pengujian terkait apakah terdapat perbedaan yang cukup signifikan yang terjadi diantara kelompok-kelompok variabel independen terhadap variabel dependennya (Annisak *et al.*, 2024).

Tabel 4.8
Hasil Analisis Uji *Kruskal-Wallis*

	<i>Kruskal Wallis H</i>	df	<i>p-value</i>	Keterangan
COD	3,830	3	0,280	Tidak ada pengaruh signifikan hasil rata-rata COD
BOD	7,663	3	0,054	Tidak ada pengaruh signifikan hasil rata-rata BOD
TSS	9,924	3	0,019	Ada pengaruh signifikan hasil rata-rata TSS
Minyak dan lemak	14,445	3	0,002	Ada pengaruh signifikan hasil rata-rata minyak dan lemak

Berdasarkan data hasil uji *kruskal-wallis* pada tabel 4.8 diketahui *p-value* pada kadar COD sebesar 0,280 dan BOD sebesar 0,054 yang berarti hasil dari kedua kadar tersebut memiliki $p > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata kadar COD dan BOD sebelum dan sesudah fitoremediasi. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis ke 1 dan ke 2 ditolak, yang berarti fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu tidak berpengaruh dalam menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair isotonik.

Diketahui *p-value* pada kadar TSS sebesar 0,019 dan minyak dan lemak sebesar 0,002 yang berarti hasil dari kedua kadar tersebut memiliki $p \leq 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan rata-rata penurunan kadar TSS serta minyak dan lemak. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis ke 3 dan ke 4 diterima, yang berarti fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu berpengaruh menurunkan kadar TSS serta minyak dan lemak pada limbah cair isotonik

2. Uji Post Hoc Dunn Bonferroni

Setelah dilakukan uji *kruskal-wallis*, selanjutnya dilakukan uji *post hoc dunn bonferroni*. Uji *dunn* merupakan uji lanjutan atau *post hoc-test* yang paling cocok dilakukan setelah uji non-parametrik *kruskal-wallis* untuk membandingkan antara dua atau lebih grup independen. Uji *dunn* menggunakan perhitungan sum rank seperti halnya *kruskal-wallis*. Metode yang digunakan untuk uji *dunn* adalah *bonferroni* (Dinno, 2015).

Tabel 4.9
 Hasil Analisis Uji *Dunn-Bonferroni*

Kadar	Berat (gram)	Berat (gram)	<i>P-value</i>
COD	0	100	1,000
		125	1,000
		150	1,000
	100	125	1,000
		150	1,000
		125	150
BOD	0	100	1,000
		125	0,978
		150	0,025*
	100	125	1,000
		150	0,062
		125	150
TSS	0	100	0,053
		125	0,059
		150	0,008*
	100	125	1,000
		150	1,000
		125	150
Minyak lemak	0	100	0,000*
		125	0,000*
		150	0,000*
	100	125	1,000
		150	1,000
		125	150

Keterangan: (*) menunjukkan rata-rata penurunan kadar limbah cair berbeda signifikan.

Berdasarkan tabel 4.9 diketahui kadar COD tidak memiliki perbedaan signifikan antara setiap perlakuan dikarenakan memiliki nilai $p > 0,05$. Kadar BOD pada perbandingan berat 0 gram dengan berat 100 gram dan 125 gram tidak berbeda secara signifikan karena $p > 0,05$. Akan tetapi perbandingan 0 gram dengan 150 gram berbeda secara signifikan dengan nilai $p \leq 0,05$. Pada berat 100 gram dengan 125 gram dan 150 gram, serta 125 gram dengan 150 gram tidak berbeda secara signifikan karena nilai $p > 0,05$.

Kadar TSS pada perbandingan berat 0 gram dengan berat 100 gram dan 125 gram tidak berbeda secara signifikan karena nilai $p > 0,05$. Akan tetapi perbandingan 0 gram dengan 150 gram berbeda secara signifikan dengan nilai $p \leq 0,05$. Pada berat 100 gram dengan 125 gram dan 150 gram, serta 125 gram dengan 150 gram tidak berbeda secara signifikan karena nilai $p > 0,05$. Kadar minyak dan lemak berbeda signifikan dengan nilai $p \leq 0,05$ pada perbandingan berat 0 gram dengan berat lainnya. Akan tetapi pada berat 100 gram dengan 125 gram dan 150 gram, serta 125 gram dengan 150 gram tidak berbeda secara signifikan karena $p > 0,05$.

Dari hasil pengujian tersebut didapati kadar 150 gram memiliki perbedaan signifikan dalam memberikan pengaruh terhadap parameter BOD, TSS minyak dan lemak dibandingkan dengan variasi berat lainnya, sehingga berat 150 gram menjadi variasi terbaik dalam memberikan pengaruh fitoremediasi dengan tumbuhan kayu apu.