

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Limbah Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Air Limbah Tahu

Berdasarkan analisis ANAVA ($\alpha=0.05$) terhadap Hubungan antara kualitas fisik dan kimia dengan konsentrasi limbah cair tahu didapatkan hasil bahwa $F_{hitung} > F_{table}$ (lampiran 2), hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Hubungan antara kualitas fisik dan kimia dengan konsentrasi limbah cair tahu setelah 10 hari perlakuan

NO	Konsentrasi Limbah	BOD	DO	pH	Nitrat	TSS
1	50%	40.36a	21.43a	5.5a	23.27a	57.88a
2	75%	95.35b	16.70b	5.0b	43.0b	87.25b
3	100%	121.54c	12.15c	4.7c	58.85	123.53c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

4.1.1 BOD (*Biochemycal Oksigen Demand*)

Berdasarkan data pada tabel 1.1, menunjukkan bahwa nilai BOD yang paling rendah yaitu konsentrasi 50% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata sebesar 40.36 mg/l berada pada Gol. II (Baik) Baku mutu limbah cair industri. sedangkan nilai BOD yang paling besar yaitu pada konsentrasi 100% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata sebesar 121.54 mg/l berada pada Gol. III (Sedang). Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya konsentrasi limbah cair tahu akan berakibat terhadap

kepekatan limbah cair, semakin pekat limbah cair tahu maka nilai BOD semakin tinggi pula. Menurut Peraturan Pemerintah RI (2002), tentang standart baku mutu air limbah industri kadar maksimum nilai BOD untuk golongan IV yaitu 300 mg/l. Dengan demikian dari ketiga perbedaan konsentrasi 50%, 75% dan 100% limbah cair tahu masih memiliki nilai BOD diatas standart baku mutu limbah cair industri golongan IV akan tetapi yang paling mampu ditingkatkan kualitas BOD-Nya yaitu pada konsentrasi 50% limbah cair tahu karena berada pada Gol. I (Baik) Baku mutu limbah cair industri.

Menurut Warlina (2004), bahan organik yang terkandung dalam limbah umumnya akan didekomposisi oleh mikroorganismenya melalui proses oksidasi dan mikroorganismenya aerobik membutuhkan oksigen dan air untuk proses reaksi oksidasi sel, sintesis sel untuk mempercepat proses pendegradasian bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana. Pada konsentrasi 50% limbah cair tahu kondisinya tidak terlalu pekat karena telah diencerkan dengan air, sehingga proses oksidasi yang dilakukan oleh mikroorganismenya juga lebih cepat dibandingkan dengan konsentrasi 75% dan 100% limbah cair tahu. Hal ini dapat dilihat dari rata-rata nilai BOD pada konsentrasi 50% limbah cair tahu yaitu 40,36%.

4.1.2 DO (*Dissolved Oxygen*)

Berdasarkan data pada tabel 1.1, menunjukkan bahwa peningkatan nilai DO yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi 50% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata sebesar 21.43 mg/l berada pada Gol. I (Sangat Baik) . Hal ini disebabkan pada konsentrasi 50% limbah cair tahu telah diencerkan dengan air yang proporsinya lebih

banyak dibandingkan dengan konsentrasi 75% limbah cair tahu, sehingga untuk proses pendegradasian bahan organik oleh bakteri lebih cepat dan bakteri tidak terlalu banyak mengkonsumsi oksigen terlarut. Pada tingkat konsentrasi 75%, dan 100% limbah cair tahu memiliki nilai DO berada pada Gol. III (Sedang) tahu dengan nilai rata-rata berturut-turut yaitu sebesar 16.70 mg/l dan 12.15 mg/l.

Menurut Warlina (2004), semakin pekat limbah cair menunjukkan semakin banyak jumlah koloni bakteri untuk mengdekomposisi atau mengoksidasi bahan buangan organik. Dekomposisi bahan organik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut.

4.1.3 pH (*Derajat Keasaman*)

Berdasarkan data pada tabel 1.1, konsentrasi 50% limbah cair tahu merupakan konsentrasi yang menunjukkan nilai pH yang tertinggi. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-ratanya yaitu 5.5 mg/l. Menurut Peraturan Pemerintah RI (2002), tentang standart baku mutu limbah cair industri, harus memiliki kisaran nilai pH sekitar 6-9. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa pada konsentrasi 50% limbah cair tahu memiliki nilai pH limbah yang mendekati netral sesuai dengan standart baku mutu limbah cair industri. Sedangkan konsentrasi 100% limbah cair tahu memiliki nilai rata-rata peningkatan pH sebesar 4.7 mg/l, masih kurang sesuai dengan standart baku mutu limbah cair industri.

Menurut Efendi (2003), menyatakan bahwa pada umumnya, bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. Oleh karena itu, proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada pH kondisi netral. Pada konsentrasi 50% nilai

pH-nya mendekati netral, hal ini dapat diasumsikan proses dekomposisi oleh bakteri berlangsung cepat.

4.1.4 Nitrat (N-NO₃)

Berdasarkan data pada tabel 1.1, menunjukkan bahwa penurunan kadar nitrat yang paling rendah adalah pada konsentrasi 50% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata sebesar 23.27 mg/l berada pada Gol. II (Baik) Baku mutu limbah cair industri sedangkan pada konsentrasi 100% limbah cair tahu kadar nitrat mencapai 58.85 mg/l, hal ini masih kurang sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (2002), bahwasanya kadar maksimum nitrat untuk limbah cair tahu adalah 50 mg/l. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada konsentrasi 100% kondisi limbah sangat pekat dan tanpa dilakukan pengenceran dengan air.

Menurut Herlambang (2005), senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida (CO₂), air serta ammonium, selanjutnya ammonium akan dirubah menjadi nitrat. Proses perubahan ammonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat disebut proses nitrifikasi. Untuk menghilangkan ammonia dalam limbah cair sangat penting, karena ammonia bersifat racun bagi biota akuatik.

4.1.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan data pada tabel 1.1 menunjukkan bahwa kadar TSS yang paling rendah yaitu pada konsentrasi 50% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata 57.88 mg/l berada pada Gol. I (Baik) baku mutu limbah cair sedangkan rata-rata TSS yang paling

tinggi yaitu pada konsentrasi 100% limbah cair tahu dengan nilai rata-rata yaitu 123.53 mg/l limbah cair tahu berada pada Gol. II (Sedang) baku mutu limbah cair.

Menurut Kristanto (2002), padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen. Dengan demikian dapat diasumsikan pada konsentrasi 100% limbah cair tahu kondisi limbah masih sangat pekat karena tidak dilakukan pengenceran dengan air. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan perlakuan variasi konsentrasi limbah cair tahu karena untuk memudahkan proses reaksi oksidasi oleh mikroorganisme perombak yang terdapat dalam limbah cair tahu.

4.2 Pengaruh Variasi Luas Penutupan Kayu Apu Terhadap Peningkatan Kualitas Fisik dan Kimia Air Limbah Tahu

Berdasarkan analisis ANAVA ($\alpha=0.05$) terhadap Hubungan antara kualitas fisik dan kimia limbah cair tahu dengan luas penutupan kayu apu, didapatkan hasil bahwa F hitung $>$ F table (lampiran 2), hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.2. Hubungan antara peningkatan kualitas fisik dan kimia dengan luas penutupan kayu apu setelah 10 hari perlakuan

NO	Luas Penutupan	BOD	DO	pH	Nitrat	TSS
1	0%	125.15a	9.84a	4.2a	48.38a	161.27a
2	50%	88.78b	18.65b	5.4b	39.25b	57.77b
3	100%	73.31c	21.79c	5.6c	37.50c	49.62c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

4.2.1 BOD (*Biochemycal Oksigen Demand*)

Berdasarkan data pada tabel 1.2, nilai rata-rata BOD pada limbah cair tahu setelah 10 hari penanaman Kayu Apu untuk tingkat luas penutupan 50% dan 100% memiliki nilai BOD terendah yaitu dengan nilai rata-rata berturut-turut yaitu sebesar 73,31 mg/l dan 88.78 mg/l berada pada golongan II (Baik) Baku mutu limbah cair industri. Sedangkan pada luas penutupan 0% Kayu Apu berada pada Gol. III (Sedang) Baku mutu limbah cair industri dengan nilai rata-rata sebesar 125.15 mg/l. Hal ini disebabkan karena dengan tingkat luas penutupan Kayu Apu yang tinggi akan berakibat terhadap tingkat kemampuan Kayu Apu sebagai biofilter dalam mengurangi, menurunkan dan menyerap zat-zat pencemar yang ada dalam air limbah. Pada luas penutupan.

Penurunan nilai BOD pada ketiga perlakuan luas penutupan disebabkan karena aktivitas penyerapan kayu apu semakin tinggi sehingga penyerapan bahan organik oleh akar tumbuhan kayu apu semakin aktif dan nilai BOD turun semakin cepat sehingga kebutuhan zat hara mikroba perombak untuk mendegradasi telah dipenuhi oleh akar tumbuhan kayu apu dari proses penyaringan bahan organik pada limbah cair tahu.

Menurut Sugiharto (1987), penurunan bahan organik dan anorganik dalam air limbah menyebabkan nilai BOD juga semakin menurun, karena semakin rendah kandungan bahan organik dan anorganik dalam limbah cair maka kebutuhan oksigen oleh mikroba untuk mendegradasi bahan organik dan anorganik juga semakin kecil.

4.2.2 DO (*Dissolved Oxygen*)

Berdasarkan data pada tabel 1.2, menunjukkan bahwa peningkatan nilai DO yang paling tinggi yaitu pada luas penutupan 100% kayu apu dengan nilai rata-rata sebesar 21.79 mg/l berada pada Gol. I (Sangat Baik) Baku mutu limbah cair industri. Pada tingkat luas penutupan 50% nilai DO berada pada Gol. II (Baik) Baku mutu limbah cair industri dengan nilai rata-rata sebesar 18.65 mg/l Sedangkan luas penutupan 0% kayu apu merupakan perlakuan yang kurang optimum dalam meningkatkan nilai DO limbah, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-ratanya yang terendah yaitu 9.84 mg/l berada pada Gol. III (Kurang) Baku mutu limbah cair industri. Sehingga dapat diasumsikan luas penutupan 100% yang paling mampu meningkatkan nilai DO karena berada pada Gol. I Baku mutu limbah cair industri.

Meningkatnya nilai DO pada perlakuan luas penutupan 100% kayu apu tersebut disebabkan karena tumbuhnya kayu apu melakukan proses biofilter melalui akar secara maksimal sehingga memudahkan mikroba perombak untuk mendegradasi bahan organik pada limbah cair tahu. Nilai DO juga berhubungan dengan nilai BOD, semakin tinggi nilai BOD dari suatu limbah maka semakin rendah nilai DO-nya.

Menurut Fachrurozi (2010), Nilai BOD dipengaruhi juga oleh adanya tanaman yang menutupi permukaan air limbah. Semakin banyak tanaman, maka semakin banyak bahan organik yang terserap dan bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme semakin sedikit. Semakin sedikit bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme, maka kandungan oksigen (nilai DO) dalam air limbah semakin tinggi.

4.2.3 pH (Derajat Keasaman)

Berdasarkan data pada tabel 1.2, menunjukkan bahwa perlakuan luas penutupan 100% kayu apu yang paling tinggi dalam meningkatkan nilai pH limbah cair tahu dengan nilai rata-rata sebesar 5.6. Menurut Peraturan Pemerintah RI (2002), tentang standart baku mutu limbah cair industri, harus memiliki kisaran nilai pH sekitar 6-9. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa dengan luas penutupan 100% kayu apu dapat meningkatkan nilai pH limbah mendekati netral sesuai dengan standart baku mutu limbah cair industri. Sedangkan perlakuan 0% luas penutupan kayu apu memiliki nilai rata-rata peningkatan pH sebesar 4.7, masih kurang sesuai dengan standart baku mutu limbah cair industri.

Peningkatan nilai pH disebabkan karena bahan organik pada limbah cair tahu telah disaring atau diserap oleh akar tumbuhan kayu apu sehingga memudahkan mikroorganisme dalam proses degradasi. Bahan organik yang telah diserap oleh akar tumbuhan kayu apu akan didegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana (asam organik) . Dengan demikian pemecahan bahan organik menyebabkan pH mendekati netral. Hal ini sesuai dengan penjelasan Fardiaz (1992), nilai pH air yang normal adalah sekitar netral, yaitu 6 sampai 8. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kualitas air limbah cair pabrik tahu memiliki mutu baik, sehingga masih layak untuk digunakan.

4.2.4 Nitrat (N-NO₃)

Berdasarkan data pada tabel 1.2., menunjukkan bahwa pada tingkat luas penutupan 50% dan 100% Kayu Apu yang paling tinggi menurunkan kadar nitrat

limbah cair tahu yaitu dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 39.25 dan 37.50 mg/l berada pada Gol III (Sedang) baku mutu limbah cair sedangkan pada luas penutupan 0% (tanpa tanaman kayu apu) memiliki nilai rata-rata kadar nitrat sebesar 48.38 mg/l berada pada Gol. IV (Kurang) Baku mutu limbah cair industri.. Dengan demikian, kadar nitrat limbah cair tahu setelah dilakukan penanaman Kayu Apu selama 10 hari tanam pada luas penutupan 0%, 50% dan 100% masih di atas ambang batas Baku mutu limbah Cair Industri akan tetapi yang lebih mampu menurunkan yaitu pada luas penutupan 50% dan 100% karena berada pada Gol. I (Baik) Baku mutu limbah cair industri.

Pada limbah cair tahu umumnya terdapat senyawa N dalam bentuk N-organik, yaitu N-ammonia ($N-NH_3$), N-nitrit ($N-NO_2$), dan N-nitrat ($N-NO_3$). Senyawa nitrat (NO_3) inilah yang dapat diserap langsung oleh tumbuhan air untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam pertumbuhannya. Untuk ammonia (NH_3) dan nitrit (NO_2) akan diubah terlebih dahulu melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat (NO_3) yang akhirnya dapat diserap oleh tumbuhan air tersebut (Zulkifli, 2001).

Proses nitrifikasi yaitu pemberian oksigen pada amonia untuk diubah menjadi nitrat dan nitrit oleh mikroorganisme (Herlambang, 2005). Dengan demikian dapat diasumsikan penurunan kadar nitrat limbah cair tahu pada luas penutupan 100% kayu apu disebabkan karena semakin tinggi tingkat luas penutupan kayu apu maka penyerapan bahan organik oleh akar tumbuhan kayu apu juga semakin aktif dan kandungan nitrat menurun.

4.3.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan data pada tabel 1.2, menunjukkan bahwa pada tingkat luas penutupan 100% yang paling berpengaruh terhadap penurunan TSS limbah cair tahu dengan nilai rata-rata 49.62 mg/l berada pada Gol. I (Baik) sedangkan untuk tingkat luas penutupan 0% (tanpa tanaman Kayu Apu) menunjukkan nilai rata-rata TSS tertinggi yaitu mencapai 161.27 mg/l berada pada Gol. III (Kurang).

Penurunan TSS ini disebabkan karena mikroba perombak yang terdapat dalam limbah cair tahu melakukan aktifitas mendegradasi bahan organik, sehingga nilai TSS dari limbah cair tahu juga semakin berkurang. Semakin lama limbah cair tahu mengalami pengolahan, maka semakin banyak pula mikroba yang tumbuh yang ditandai dengan semakin banyaknya lendir di permukaan bawah akar kayu apu.

Menurut Mustaniroh (2009), tumbuhan kayu apu melakukan pemisahan terhadap zat yang dapat mengendap dan zat yang tersuspensi, dimana pengurangan kadar bahan padat terlarut terjadi di daerah akar tumbuhan kayu apu. Banyaknya akar tumbuhan kayu apu menyebabkan tumbuhan kayu apu mampu menyerap sangat banyak bahan padat terlarut dalam air limbah sehingga memudahkan mikroba perombak untuk mendegradasinya. Hal ini berdampak pada semakin jernihnya perairan.

4.3 Interaksi Luas Penutupan dan Konsentrasi Terhadap Peningkatan Kualitas Fisik dan Kimia Air Limbah Tahu.

4.3.1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan analisis ANAVA ($\alpha=0.05$) didapatkan hasil bahwa F hitung >F table (lampiran 2), Hal ini menunjukkan bahwa terdapat terdapat interaksi antara perlakuan konsentrasi dan luas penutupan.

Interaksi kombinasi luas penutupan dan konsentrasi terhadap penurunan nilai BOD disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.3. Pengaruh luas penutupan dan konsentrasi terhadap BOD

No	Perlakuan		BOD (mg/l)
	Luas Penutupan (%)	Konsentrasi (%)	
1	0	50	110.68 a
2	0	75	120.46 a
3	0	100	144.30 b
4	50	50	56.50 c
5	50	75	91.38 d
6	50	100	118.48 e
7	100	50	43.89 f
8	100	75	74.21 g
9	100	100	101.84 h

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan data pada tabel 1.3 tersebut menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu yang paling berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD limbah dengan nilai rata-rata sebesar 43.89 mg/l berada pada Gol. II (Baik) Baku mutu limbah cair industri. Sedangkan untuk perlakuan luas penutupan kayu apu 0% dan konsentrasi 100% juga

berpengaruh dalam menurunkan nilai BOD pada limbah cair tahu dengan nilai rata-rata 144.30 mg/l akan tetapi berada pada Gol. III (Kurang) Baku mutu limbah cair industri, sehingga lebih efisien menggunakan perlakuan luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu karena Berada pada Gol. II lebih baik dari Gol. III Baku mutu limbah cair industri..

Berdasarkan hasil analisis tentang hubungan antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap penurunan BOD yang di uji dengan *SPSS* 16.0 menunjukkan bahwa korelasi luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai BOD tersebut adalah 0.680. Nilai koefisiensi determinasi (*R Square*) sebesar 0.761, artinya luas penutupan kayu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai BOD sebesar 76.1 %.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap penurunan BOD. Arah hubungan (*r*) adalah positif, semakin tinggi luas penutupan kayu apu pada limbah cair tahu maka semakin tinggi pula penurunan BOD.

Menurut Kristanto (2002), BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan organik dalam air limbah. Mikroorganisme yang bersifat aerobik membutuhkan O_2 dan H_2O untuk mempercepat proses reaksi biokimia, oksidasi sel. Jika konsumsi oksigen tinggi oleh mikroorganisme maka menunjukkan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, sehingga membuat biota lainnya yang membutuhkan oksigen ini tidak dapat hidup (Ginting, 2007).

4.3.2 DO (*Dissolved Oxygen*)

Interaksi kombinasi luas penutupan dan konsentrasi terhadap peningkatan nilai DO disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.4. Pengaruh luas penutupan dan konsentrasi terhadap peningkatan DO

No	Perlakuan		DO(mg/l)
	Luas Penutupan (%)	Konsentrasi (%)	
1	0	50	11.50 a
2	0	75	10.35 a
3	0	100	7.67 b
4	50	50	25.14 c
5	50	75	18.12 d
6	50	100	12.68 e
7	100	50	27.64 f
8	100	75	21.63 g
9	100	100	16.10 h

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan data pada tabel 1.4 tersebut menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu yang paling berpengaruh terhadap peningkatan nilai DO limbah dengan nilai rata-rata peningkatan sebesar 27.64 mg/l berada pada Gol. I Baku mutu limbah cair industri. Sedangkan untuk perlakuan luas penutupan kayu apu 0% dan konsentrasi 100% limbah cair tahu merupakan perlakuan yang paling rendah dalam meningkatkan nilai DO, akan tetapi masih di atas ambang batas baku mutu limbah cair industri. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata peningkatan DO pada limbah cair tahu yaitu sebesar 7.67 mg/l sehingga masih lebih efisien menggunakan luas penutupan 100% kayu apu

dan konsentrasi 50% limbah cair tahu karena berada pada Golongan yang paling baik dari Standart Baku mutu limbah cair industri yaitu Gol. I.

Berdasarkan hasil analisis tentang hubungan antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai DO yang di uji dengan *SPSS 16.0* (Lampiran 3) menunjukkan bahwa korelasi antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai DO tersebut adalah 0.551. Nilai koefisiensi determinasi (*R Square*) sebesar 0.75, artinya luas penutupan kayu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai DO sebesar 75 %.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang kuat antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap peningkatan DO. Arah hubungan (*r*) adalah positif, semakin tinggi luas penutupan kayu apu pada limbah cair tahu maka semakin tinggi pula peningkatan DO.

Menurut Sunu (2001), oksigen terlarut merupakan parameter mutu air yang penting karena nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran atau tingkat pengolahan air limbah. Dengan demikian dapat diasumsikan dengan perlakuan fitoremediasi terhadap nilai DO dapat memperbaiki parameter mutu air.

4.3.3 pH (Derajat Keasaman)

Interaksi kombinasi luas penutupan dan konsentrasi terhadap peningkatan nilai pH disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.5. Pengaruh luas penutupan dan Konsentrasi terhadap pH

No	Perlakuan		pH (mg/l)
	Luas penutupan (%)	Konsentrasi (%)	
1	0	50	4.4 a
2	0	75	4.2 b
3	0	100	4.0 c
4	50	50	5.9 d
5	50	75	5.5 e
6	50	100	4.8 f
7	100	50	6.1 g
8	100	75	5.5 g
9	100	100	5.2 h

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Kombinasi perlakuan antara luas penutupan dan konsentrasi menunjukkan adanya pengaruh menurut ANAVA ($\alpha=0,05$) (lampiran 2). Berdasarkan data pada tabel 1.4, perlakuan luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu menunjukkan peningkatan nilai pH yang paling berpengaruh terhadap limbah cair tahu. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-ratanya yang paling tinggi yaitu sebesar 6.1 dan pada perlakuan luas penutupan 50% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu juga memberikan pengaruh dalam peningkatan pH, dengan nilai rata-rata 5.9, hal ini dapat diasumsikan dari kedua perlakuan tersebut dapat meningkatkan nilai pH mendekati netral. Sedangkan pada kombinasi perlakuan luas penutupan 0% kayu apu dan konsentrasi 100% limbah cair tahu masih kurang optimum dalam

meningkatkan nilai pH. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata pH yaitu sebesar 4.0, sangat kurang mendekati netral.

Berdasarkan hasil analisis tentang hubungan antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai pH yang di uji dengan *SPSS* 16.0 (lampiran 3) menunjukkan bahwa korelasi antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai pH tersebut adalah 0.521 (Lampiran 3). Nilai koefisiensi determinasi (*R Square*) sebesar 0.670, artinya luas penutupan kayu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai pH sebesar 67% .

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang kuat antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap peningkatan pH. Arah hubungan (*r*) adalah positif, semakin tinggi luas penutupan kayu apu pada limbah cair tahu maka semakin tinggi pula peningkatan pH.

Nilai pH merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktifitas fotosintesis tumbuhan air. Proses fotosintesis merupakan proses mengambil CO_2 yang terlarut di dalam air, dan berakibat pada penurunan CO_2 terlarut dalam air. Penurunan CO_2 akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan menjadi netral. Sebaliknya dalam keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisa menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali, dapat dilihat pada reaksi berikut (Mahida,1993).

4.3.4 Nitrat (N-NO₃)

Interaksi kombinasi luas penutupan dan konsentrasi terhadap penurunan nilai N-NO₃ disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.6. Pengaruh luas penutupan dan konsentrasi terhadap nitrat.

No	Perlakuan		N-NO ₃ (mg/l)
	Luas penutupan (%)	Konsentrasi (%)	
1	0	50	30.46 a
2	0	75	50.78 b
3	0	100	63.89 c
4	50	50	20.19 d
5	50	75	40.01 e
6	50	100	57.56 f
7	100	50	19.17 g
8	100	75	38.22 h
9	100	100	55.11 i

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

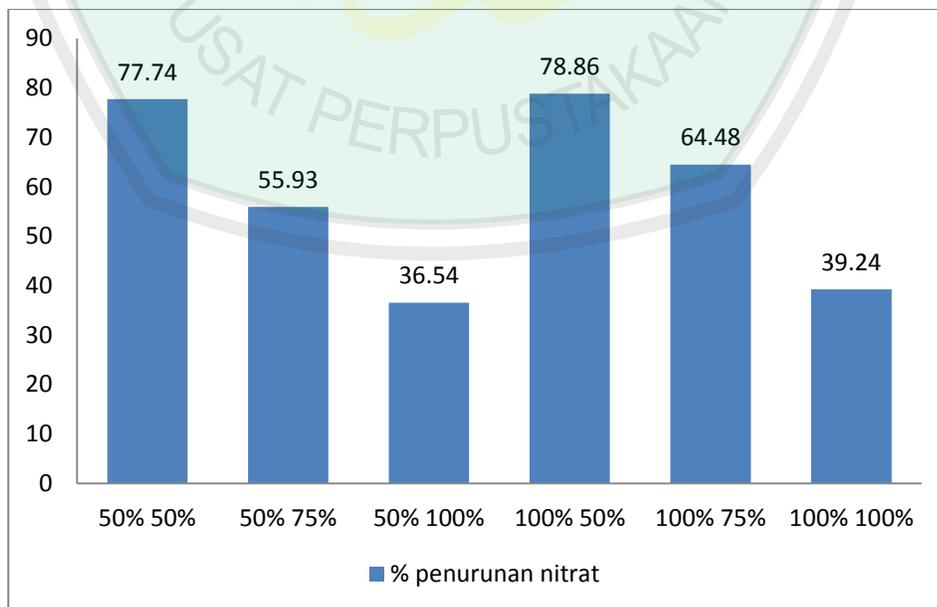
Berdasarkan data pada tabel 1.6, menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi luas penutupan 100% dan 50% tumbuhan kayu apu pada konsentrasi 50% limbah cair tahu yang paling tinggi dalam menurunkan kandungan nitrat pada limbah cair tahu yaitu sebesar 19.17 mg/l berada pada Gol. I Baku mutu limbah cair industri (Sangat Baik). Sedangkan pada perlakuan 50% luas penutupan dan konsentrasi 50% limbah cair tahu juga mampu menurunkan kandungan nitrat sebesar 20.19 mg/l berada pada Gol. II Baku mutu limbah cair tahu (Baik). Pada perlakuan 100% luas penutupan dan konsentrasi 75%, juga dapat menurunkan kandungan nitrat pada limbah cair tahu dengan nilai rata-rata 38.22 mg/l berada pada Gol. 1V (Kurang Baik) Baku mutu

limbah cair industri Hal ini juga terjadi pada perlakuan luas penutupan 0% dan konsentrasi 50% dengan nilai rata-rata 30.46 Gol. IV (Kurang Baik) dan pada perlakuan luas penutupan 50% dan konsentrasi 75% dengan nilai rata-rata 40.01 mg/l Gol. IV (Kurang Baik).

Menurut Artiyani (2011), bahan organik yang terdapat dalam limbah akan dimanfaatkan tanaman untuk proses fotosintesis dari hasil penguraian oleh bakteri. Seiring dengan berlangsungnya proses fotosintesis dan penguraian, maka akan terjadi juga proses penurunan konsentrasi N Total (N-NO₃, N-NO₂, ammonia). Penyerapan unsur-unsur hara ini dilakukan oleh akar yang berperan dalam proses penurunan N Total.

Persentase penurunan kadar Nitrat (N-NO₃) pada limbah cair tahu disajikan pada grafik berikut :

Grafik 4.1 Persentase penurunan nitrat (N-NO₃) limbah cair tahu



Gambar. Persentase penurunan nitrat ($N-NO_3$) pada berbagai luas penutupan kayu apu di berbagai konsentrasi limbah cair tahu

Berdasarkan Grafik 1.1, menunjukkan bahwa penurunan kadar nitrat ($N-NO_3$) paling baik yaitu pada luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu dengan persentase penurunan yaitu 78.86%. Menurut Mustaniroh (2009), mikroba perombak melakukan proses perombakan bahan organik menjadi senyawa sederhana yaitu asam amino dan asam lemak (asam organik) sehingga diperoleh ammonia, nitrat, nitrit dan nitrogen. Hal ini yang menyebabkan kadar nitrat pada limbah cair tahu semakin menurun.

Berdasarkan hasil analisis tentang hubungan antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap kandungan nitrat yang di uji dengan *SPSS* 16.0 (lampiran 3) menunjukkan bahwa korelasi antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap kandungan nitrat tersebut adalah 0.85. Nilai koefisiensi determinasi (*R Square*) sebesar 0.87, artinya luas penutupan kayu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nitrat sebesar 87% .

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang kuat antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap penurunan nitrat. Arah hubungan (*r*) adalah positif, semakin tinggi luas penutupan kayu apu pada limbah cair tahu maka semakin tinggi pula penurunan nitrat.

Menurut Apriadi (2008), buangan limbah organik akan didekomposisi oleh bakteri yang selanjutnya akan menjadi bahan anorganik berupa unsur hara seperti

senyawa nutrisi N dan P yang akan dimanfaatkan oleh tumbuhan air dalam proses fotosintesis. Tumbuhan tidak dapat menyerap langsung senyawa nutrisi tersebut tetapi tumbuhan memperoleh senyawa nitrogen dengan jalan menyerap nitrat (ion amonia) dari hasil penguraian oleh bakteri.

Akar sebagian besar tumbuhan menyerap nitrogen sebagai ion nitrat (NO_3^-) dari tanah, karena ion amonium (NH_4^-) mudah teroksidasi menjadi NO_3^- oleh bakteri nitrifikasi. Nitrat tersebut diangkut ke bagian atas tumbuhan melalui xilem. Akar sebagian besar tumbuhan menyerap nitrogen sebagai ion nitrat. Nitrogen dalam bentuk ion nitrat tidak segera digunakan oleh tumbuhan, tetapi di dalam xilem, nitrat mula-mula harus direduksi terlebih dahulu menjadi amonium atau amonia dan kemudian diubah menjadi senyawa N organik (Mahida, 1993).

Proses penurunan nitrat (N-NO_3) pada penelitian ini disebabkan karena aktifitas penyerapan kayu apu semakin tinggi dengan bertambahnya luas penutupan sehingga penyerapan bahan organik oleh akar tumbuhan kayu apu semakin aktif dan nilai nitrat semakin cepat turun. Kebutuhan nutrisi (zat hara) mikroba perombak untuk tumbuh dan berkembang telah dipenuhi oleh akar tumbuhan kayu apu hasil dari proses penyerapan atau penyaringan bahan organik yang terdapat pada limbah cair tahu, sehingga dapat diasumsikan bahwa dalam perlakuan fitoremediasi tumbuhan air kayu apu tidak bekerja sendiri dalam menurunkan bahan organik limbah cair tahu tetapi bekerja sama dengan mikroorganisme perombak

4.3.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Interaksi kombinasi luas penutupan dan konsentrasi terhadap penurunan nilai

TSS disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.7. Pengaruh luas penutupan dan konsentrasi terhadap TSS

No	Perlakuan		TSS (mg/l)
	Luas penutupan (%)	Konsentrasi (%)	
1	0	50	134.78 a
2	0	75	152.89 b
3	0	100	196.15 c
4	50	50	21.11 d
5	50	75	62.22 e
6	50	100	90.00 f
7	100	50	17.77 g
8	100	75	46.66 h
9	100	100	84.44 i

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Kombinasi perlakuan antara luas penutupan dan konsentrasi menunjukkan adanya pengaruh menurut ANAVA ($\alpha=0,05$) (lampiran 2). Berdasarkan data pada tabel 1.7, menunjukkan bahwa pada perlakuan luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% dan luas penutupan 50% dan konsentrasi 50% yang paling berpengaruh terhadap nilai TSS dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 17.77 mg/l dan 21.11 mg/l berada pada Gol. I (Sangat Baik) Baku mutu limbah cair industri. Sedangkan pada kombinasi perlakuan luas penutupan 0% kayu apu dan konsentrasi 100% limbah cair tahu berada pada Gol. IV (Kurang) Baku mutu limbah Cair tahu dengan nilai rata- rata 196.15 mg/l.

Berdasarkan hasil analisis tentang hubungan antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai TSS yang di uji dengan SPSS 16.0

(lampiran 3) menunjukkan bahwa korelasi antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai TSS tersebut adalah 0.40. Nilai koefisiensi determinasi (R Square) sebesar 0.361, artinya luas penutupan kayu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai TSS sebesar 36.1 %.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang cukup antara luas penutupan kayu apu dan konsentrasi limbah cair tahu terhadap nilai TSS. Arah hubungan (r) adalah positif, semakin tinggi luas penutupan kayu apu pada limbah cair tahu maka semakin tinggi pula penurunan TSS.

Menurut Suhardjo (2008), proses untuk menghilangkan padatan tersuspensi (TSS) dalam air limbah adalah proses flokuasi, sedimentasi, dan proses filtrasi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan media atau akar tumbuhan air. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penurunan TSS dalam limbah cair tahu dimungkinkan karena proses degradasi yang dilakukan oleh bakteri, hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya lendir dibagian lapisan akar kayu apu.

4.4 Kajian Islami Terkait Perlakuan

Al-Qur'an mengajarkan tentang pelestarian, konversi, dan pemeliharaan lingkungan hidup, perusakan, bahkan berbagai penajahan terhadap lingkungan yang

merajalela. Berbagai pencemaran yang dilakukan manusia seakan- akan tidak menjadi hal yang asing lagi padahal, Allah SWT telah banyak memperingatkan makhluk-Nya lewat kisah-kisah, ungkapan, peringatan bahkan teguran dalam Al-Qur'an untuk tidak membuat kerusakan di muka bumi ini muka bumi ini (*walaa tufsidu fii al ardt*). Al-Qur'an sangat jelas dan tegas mengajarkan manusia untuk menjaga keseimbangan alam ini.

Menurut Al-Qaradhawi (2002) tidak ada sesuatupun yang rusak, tercemar atau hilangnya keseimbangannya sebagaimana penciptaan awalnya. Akan tetapi datangnya kerusakan, pencemaran dan perusakan lingkungan adalah hasil perbuatan tangan-tangan manusia semata yang secara sengaja berusaha untuk mengubah fitrah Allah pada lingkungan, dan mengubah ciptaan-Nya pada kehidupan dan diri manusia. Allah SWT telah menggambarkan bencana ini di dalam Al-Qur'an surat AR-Rum ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karena perbuatan tangan manusi, supay Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Berdasarkan uraian tersebut sangat jelas bahwa kerusakan lingkungan yang terjadi di bumi ini karena ulah dan perbutan maanusia yang berusaha merubah Ciptaan- Nya. Menurut Bakry (1996), peringatan Al-Qur'an tersebut mutlak benar. Kerusakan lingkungan hidup disebut sebagai "akibat perbuatan tangan manusia".

Manusia adalah perusak lingkungan hidup nomor satu di dunia ini. Penyebab dari kebanyakan hal itu adalah keserakahan untuk mengeksploitasi sumber daya alam demi keuntungan sesaat tanpa mengindahkan hak hidup sesamanya.

Sebagai ahli Biologi, dengan ini peneliti menggunakan tumbuhan air Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai tumbuhan yang berperan dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan khususnya limbah cair tahu. Dalam kenyataannya, Kayu Apu merupakan gulma pada tanaman padi, akan tetapi disisi lain memiliki manfaat sebagai tumbuhan biofilter, yaitu untuk menjernihkan air bagi industri sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh limbah organik dan anorganik.

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan Kayu Apu dapat meningkatkan sifat kimia limbah cair tahu masing- masing pada luas penutupan 100% kayu apu dan konsentrasi 50% limbah cair tahu. Perubahan sifat kimia yang terjadi yaitu menurunkan BOD sebesar 43.89 mg/l berada pada Gol.II (Baik), meningkatkan nilai DO sebesar 27.64 mg/l berada pada Gol. I (Sangat baik), meningkatkan nilai pH sebesar 6.1 mendekati pH netral, menurunkan nilai nitrat sebesar 19.17 mg/l berada pada Gol. I (Baik) dan menurunkan nilai TSS sebesar 17.77 berada pada Gol. I (Sangat Baik) Baku mutu limbah cair tahu.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut semakin memperkuat bahwasanya Allah SWT menciptakan segala sesuatu tanpa ada yang sia- sia, seperti halnya tumbuhan Kayu Apu yang memiliki manfaat sebagai penetralisir limbah organik. Sebagaimana Firman Allah dalam surat Luqman: 10 yang berbunyi :

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَالْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ
بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ

زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

Artinya: *Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.*

Menurut Al-Qurtubi (2009,) ayat tersebut menyiratkan bahwa Allah SWT menumbuhkan berbagai tumbuh-tumbuhan dan tanaman hijau serta lingkungan yang baik. Allah SWT menyebut tumbuhan dalam Al-Qur'an sebagai *karim*. Tumbuhan yang baik yang dimaksudkan dalam hal ini yaitu Kayu Apu yang memiliki kemampuan sebagai tumbuhan yang berperan dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan baik organik maupun anorganik.

Hikmah dari penelitian ini adalah dengan memanfaatkan tumbuhan air Kayu Apu sebagai tumbuhan biofilter mampu mengurangi tingkat pencemaran limbah organik dan anorganik, dapat mengurangi tingkat kematian ikan, biota air, dan mikroorganisme air serta dapat mengembalikan keseimbangan lingkungan hidup. Dengan adanya penelitian ini, sebagai seorang kholifah dapat mengetahui kebesaran Allah SWT sehingga dapat meningkatkan keimanan dan ketakwaan kita.