

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Semakin maraknya pertumbuhan usaha kecil dan menengah dewasa ini salah satunya industri tahu yang saat ini banyak diusahakan oleh warga masyarakat dimana karena masalah biaya mereka tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan namun dibuang begitu saja ke lingkungan sehingga perlu mendapatkan perhatian karena akan menyebabkan berubahnya keseimbangan lingkungan. Penelitian ini bertujuan salah satunya untuk mengatasi masalah lingkungan yang timbul karena maraknya industri tahu yang tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang telah dihasilkan, penelitian ini dimulai dengan melakukan penanaman tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk*) didalam reactor perlakuan yang berukuran panjang 1 m dan lebar 0,5 m.

Pemberian limbah dilakukan dengan konsentrasi limbah yang berbeda-beda yaitu konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Pengujian terhadap limbah dilakukan dengan waktu detensi per tiga hari, adapun waktu pengambilan sampel limbah adalah 0 hari, 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari.

Pemanfaatan tanaman kangkung air untuk mengolah limbah cair pabrik tahu dengan konsentrasi limbah yang bervariasi dengan volume tiap reaktor 37,5 L menunjukkan efisiensi penurunan yang berbeda-beda dalam menurunkan parameter BOD_5^{20} , Nitrat, Total fosfat dan pH, baik reaktor yang ditanami kangkung air maupun yang tanpa tanaman kangkung air.

4.1 Analisa pH

Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa setelah penanaman dan pengujian pada hari ke-12 pH limbah tidak banyak mengalami perubahan.

Variasi nilai penurunan pH limbah cair berdasarkan konsentrasi limbah dengan waktu detensi per tiga hari dapat dilihat pada tabel hasil dibawah ini.

Table 4.1 Nilai pH dengan IAF

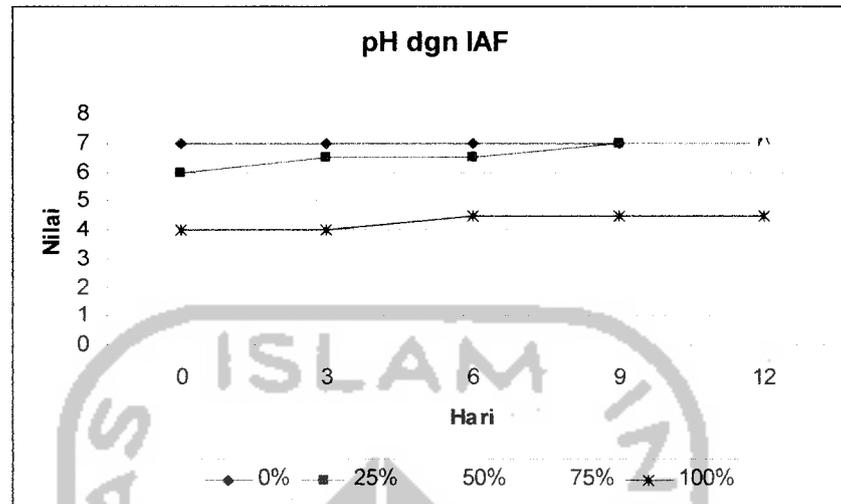
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff												
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6.5	6.5	0	5	5.5	-10	4.5	5	-11.1	4	4	0
6	7	7	0	6.5	6.5	0	5.5	6	-9.09	5	5	0	4	4.5	-12.5
9	7	7	0	6.5	7	-7.69	6	6.5	-8.33	5	5.5	-10	4.5	4.5	0
12	7	7	0	7	7	0	6.5	7	-7.69	5.5	5.5	0	4.5	4.5	0

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

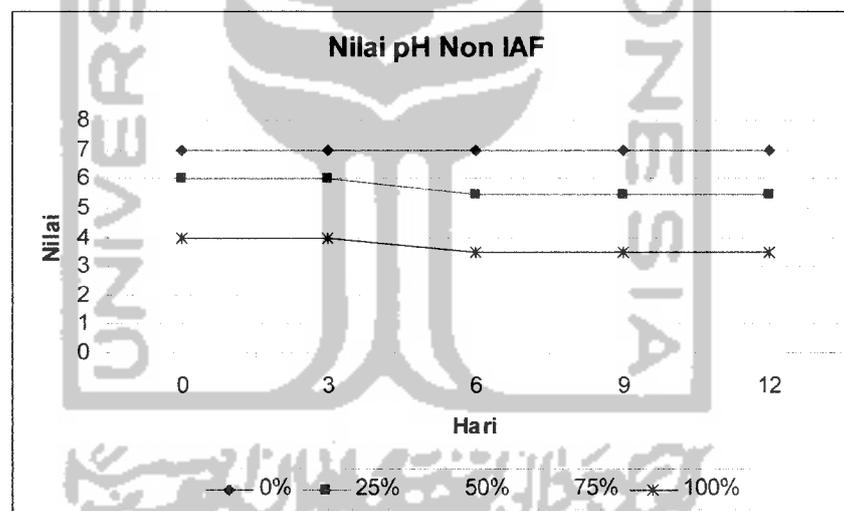
Table 4.2 Nilai pH tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff												
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
6	7	7	0	6	5.5	8.33	5	5	0	4.5	4.5	0	4	3.5	12.5
9	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0
12	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0

Dari nilai tersebut jika dibuat dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Nilai pH dgn IAF



Gambar 4.2 Nilai pH Non IAF

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai pH untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air memiliki pH yang tidak berubah sampai waktu detensi hari ke-12, namun untuk reaktor dengan tanaman kangkung air terjadi perubahan pH dari kondisi pH asam yaitu 4 menjadi pH 5,5.

Berdasarkan gambar 4.1 reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forks*), pada hari ke-12 dengan konsentrasi limbah 0 % tidak terjadi kenaikan nilai pH, pada awal pengolahan nilai pH pada reaktor 7 sampai hari ke-12 nilai pH tetap, hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 0% hanya mengandung zat organik dengan nilai yang sangat sedikit sehingga tidak terjadi perombakan bahan organik secara besar-besaran oleh mikroorganisme. Konsentrasi limbah 25 % terjadi kenaikan nilai pH, pada awal pengolahan nilai pH pada reaktor adalah 6, pada hari ke-3 terjadi kenaikan nilai pH menjadi 6,5 pada hari ke-6 nilai pH tetap 6,5. Pada hari ke-9 terjadi lagi kenaikan nilai pH menjadi 7, pada hari ke-12 tidak terjadi lagi kenaikan nilai pH sehingga pH limbah pada akhir pengolahan adalah 7. Konsentrasi limbah 50% nilai pH pada awal pengolahan adalah 5, setelah tiga hari pengolahan pH naik menjadi 5,5, pada hari keenam pengolahan pH naik lagi menjadi 6, pada hari kesembilan pH naik menjadi 6,5 dan pada hari terakhir pengolahan limbah menjadi netral yaitu 7. Konsentrasi limbah 75% pada awal pengolahan memiliki pH 4,5 pada hari ketiga pH limbah naik menjadi 5, hari keenam pengolahan pH tetap 5 namun pada hari kesembilan terjadi kenaikan lagi menjadi 5,5 dan pada hari terakhir pH tetap. Untuk konsentrasi 100% pH awal adalah 4 dan sampai dengan hari ketiga pengolahan tidak terjadi kenaikan nilai pH, kenaikan hanya terjadi pada hari keenam sehingga nilai pH menjadi 4,5 setelah hari keenam pH tidak mengalami kenaikan lagi sampai akhir pengolahan.

Untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 0% pada awal pengolahan memiliki nilai pH 7, nilai pH tidak mengalami perubahan

sampai dengan hari terakhir pengolahan. Untuk konsentrasi 25 % pada awal pengolahan limbah memiliki nilai 6, hari ketiga terjadi penurunan nilai pH menjadi 5,5 pada hari keenam nilai pH. Konsentrasi limbah 50 % dengan nilai pH awal adalah 5 nilai pH pada konsentrasi ini tidak mengalami perubahan sejak awal pengolahan sampai dengan hari terakhir pengolahan. Konsentrasi limbah 75 % dengan nilai pH 4,5 sama halnya dengan konsentrasi limbah 50% pada konsentrasi ini pun tidak terjadi perubahan nilai pH sejak awal pengolahan sampai dengan hari terakhir pengolahan dan konsentrasi limbah 100 % dengan nilai pH 4, perubahan nilai pH baru terjadi pada hari keenam dimana limbah mengalami penurunan nilai pH menjadi 3,5 sampai hari terakhir pengolahan.

Perbedaan efisiensi antara reaktor tanpa kangkung air dengan reaktor yang ditanami kangkung air dapat disebabkan oleh kegiatan mikroba dalam pemecahan zat organik yang menghasilkan senyawa anorganik, dimana senyawa anorganik ini akan berikatan dengan air. Dari proses inilah yang menyebabkan nilai pH dalam air limbah menjadi naik. Adanya tanaman dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan bagi alga dan mikroba yang akan menguraikan bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik dalam limbah.

Tabel 4.3 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Nilai pH**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51.325(a)	9	5.703	47.523	.000
Intercept	1540.125	1	1540.125	12834.375	.000
Media	3.125	1	3.125	26.042	.000
Hari	45.900	4	11.475	95.625	.000
Media * Hari	2.300	4	.575	4.792	.003
Error	4.800	40	.120		
Total	1596.250	50			
Corrected Total	56.125	49			

a. R Squared = .914 (Adjusted R Squared = .895)

media : Tanaman Kangkung

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Nilai pH terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 95,625 dengan nilai signifikansi 0,000. Karena nilai signifikansinya $< 0,05$, H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap perubahan nilai pH. Semakin lama waktu detensi nilai pH pada reaktor semakin mendekati netral. Hal ini disebabkan semakin lama waktu detensi kandungan bahan organik yang terdapat pada limbah sudah semakin berkurang karena terurai oleh mikroorganisme. Variasi konsentrasi limbah juga mempengaruhi nilai pH, ini dapat dilihat dari hasil uji *Tests of Between-Subjects Effects* diatas yang mempunyai nilai F hitung 4,792 dengan nilai signifikansi 0,003 berarti $\alpha < 0,05$ berarti H_0 ditolak. Semakin tinggi konsentrasi limbah semakin asam kondisinya. Jika kondisi limbah terlalu asam akan menyebabkan sulitnya mikroorganisme untuk tumbuh pada reactor serta mengakibatkan terhambatnya proses nitrifikasi (Hefni Effendi, 2003).

4.2 Analisa BOD₅

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan nilai BOD yang terkandung dalam limbah industri tahu. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reactor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reactor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Variasi nilai penurunan masing-masing parameter limbah cair berdasarkan konsentrasi limbah dengan waktu detensi per tiga hari dapat dilihat pada tabel hasil penelitian dibawah ini.

Table 4.4 Konsentrasi BOD₅ dengan IAF

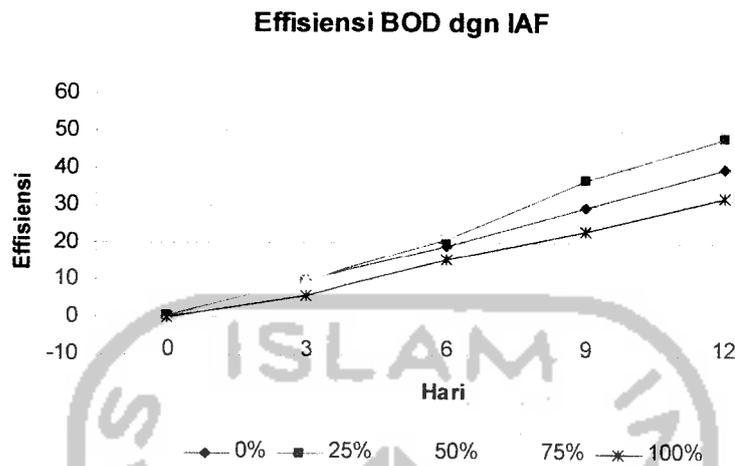
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.994	0.1	275.7	274.6	0.4	550.6	550.6	0	825.4	825.5	-0.01	1147.3	1147.5	-0.02
3	1.994	1.796	9.93	274.6	248.13	9.64	550.6	495.54	10	825.5	742.85	10.01	1147.5	1078.5	6.01
6	1.796	1.617	9.97	248.13	218.35	12	495.54	426.16	14	742.9	683.42	8	1078.5	970.6	10
9	1.617	1.407	12.99	218.35	174.68	20	426.16	323.89	24	683.4	615.08	10	970.6	883.3	8.99
12	1.407	1.196	15	174.68	143.24	18	323.89	259.11	20	615.1	516.67	16	883.3	777.3	12

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

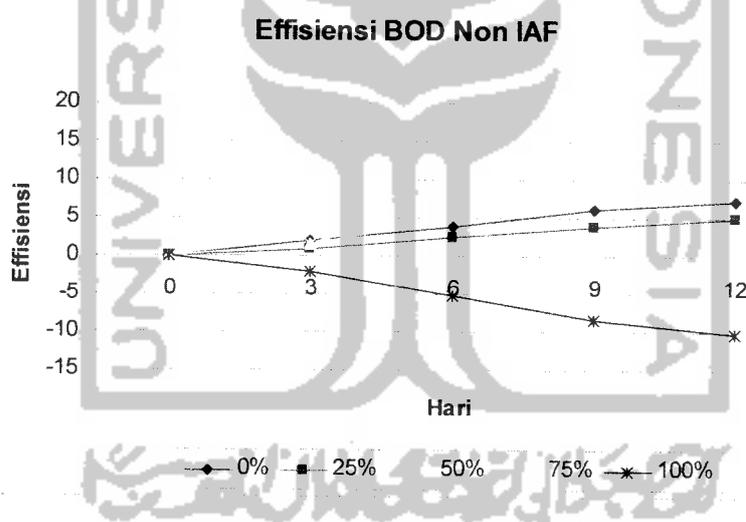
Table 4.5 Konsentrasi BOD₅ tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.996	0.00	275.7	275.7	0.00	550.6	550.6	0.00	825.4	825.4	0.00	1147.3	1147.3	0.00
3	1.996	1.956	2.00	275.7	272.94	1.00	550.6	542.34	1.50	825.4	812.2	1.60	1147.3	1170.2	-2.00
6	1.956	1.917	1.99	272.94	268.85	1.50	542.34	509.80	6.00	812.2	783.8	3.50	1170.2	1206.5	-3.10
9	1.917	1.875	2.19	268.85	264.82	1.50	509.80	477.68	6.30	783.8	752.4	4.00	1206.5	1243.9	-3.10
12	1.875	1.852	1.23	264.82	261.8	1.14	477.68	451.40	5.50	752.4	720.3	4.27	1243.9	1263.4	-1.57

Dari nilai efisiensi diatas jika dibuat kedalam grafik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Effisiensi Penurunan Parameter BOD₅ dgn IAF



Gambar 4.4 Effisiensi Penurunan Parameter BOD₅ Non IAF

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD limbah cair industri tahu dengan 2 jenis variasi perlakuan yaitu dengan menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air, limbah yang ditanami menunjukkan adanya penurunan yang berarti untuk setiap konsentrasi limbahnya.

Berdasarkan gambar 4.3 reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forks*), pada hari ke-12 dengan konsentrasi limbah 25 % terjadi penurunan limbah 48,04 % dari konsentrasi limbah awal 274.6 mg/L dan pada hari ke-12 menjadi 143.2 mg/L. konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya 52,95 % dengan konsentrasi limbah awal 550,6 mg/L menjadi 259,1 mg/L. Konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya 37,40 % dengan konsentrasi awal sebesar 825,4 mg/L menjadi 364,7 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % dengan konsentrasi awal sebesar 1147,3 mg/L menjadi 777,3 mg/L terjadi penurunan sebesar 32,25 %.

Untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunannya sebesar 5,04 % dari konsentrasi limbah awal 275,7 mg/L menjadi 261,08 mg/L. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal 550,6 mg/L menjadi 451,4 mg/L dengan efisiensi 18,02 %. Konsentrasi limbah 75 % dengan konsentrasi limbah awal 825,4 mg/L menjadi 720,3 mg/L dengan efisiensi 12,73 % dan konsentrasi limbah 100 % dengan konsentrasi limbah awal 1147,3 menjadi 1263,4, dimana pada konsentrasi ini terjadi kenaikan limbah dan penurunan efisiensi sebesar -10,12 %.

Berdasarkan pengamatan mulai dari hari ke-0, 3, 6, 9 dan hari ke-12 ternyata reaktor dengan limbah industri tahu yang ditanami dengan kangkung air (IAF) menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor dengan limbah industri tahu tanpa tanaman kangkung air (non IAF).

Penurunan konsentrasi BOD₅ dalam reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (IAF) disebabkan oleh adanya suplai oksigen karena adanya proses

fotosintesis oleh tanaman kangkung air dan tanaman sejenis alga yang tumbuh pada permukaan air limbah dimana dalam proses fotosintesis akan dihasilkan oksigen, proses difusi langsung ke badan air yang berada dalam reaktor dan melalui reaerasi dari permukaan tanaman, serta dari translokasi oksigen menuju lapisan *rhizosfer* dan proses difusi langsung dari atmosfer yang berada di atas permukaan air. (Reed et., al 1987 dan Merz, 2000) mengenai suplai oksigen di dalam *wetland*.

Oksigen yang dihasilkan tersebut dibutuhkan untuk menguraikan secara aerobik bahan organik karbon yang terdapat dalam air limbah oleh mikroorganisme, sedangkan untuk reaktor yang tidak ditanami kangkung air (IAF) suplai oksigen hanya terjadi pada proses difusi dan reaerasi pada permukaan air. Oksigen yang dihasilkan oleh proses fotosintesis oleh tanaman ini akan menyebabkan naiknya kadar DO (*Dissolved Oksigen*) sehingga proses dekomposisi bahan organik menjadi bahan anorganik lebih cepat sehingga bahan organik dalam air limbah berkurang, dengan demikian kadar BOD dalam air limbah turun.

Pada konsentrasi limbah 100 % untuk reaktor tanpa kangkung air (Non IAF) terjadi kenaikan konsentrasi BOD dalam limbah, hal ini disebabkan karena tidak adanya tanaman yang melakukan fotosintesis sehingga kadar DO (*Dissolved Oksigen*) menjadi berkurang karena dimanfaatkan oleh mikroba dan alga yang akan menguraikan bahan organik menjadi bahan anorganik. Habisnya oksigen terlarut dalam limbah akan menyebabkan matinya mikroba aerob sehingga akan menambah beban organik pada limbah. Pertumbuhan alga dan bakteri pada

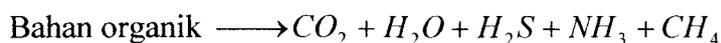
reaktor ditunjukkan dengan terlihatnya lapisan biofilm pada permukaan reaktor. Pada reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100% mulai dari awal pengolahan sampai ketiga terjadi pengolahan secara aerobik sedangkan mulai hari keempat sampai hari terakhir pengamatan terjadi penguraian bahan organik secara anaerobik, hal ini dapat dilihat dari timbulnya bau pada reaktor yang berasal dari hasil penguraian bahan organik serta terjadinya perubahan warna pada air limbah yang terdapat pada reaktor yang semakin lama semakin hitam. Sedangkan pada konsentrasi limbah 0% terjadi penguraian bahan organik mulai dari awal pengolahan sampai hari terakhir pengolahan.

Pada dekomposisi bahan organik, mikroba memanfaatkan bahan organik sebagai sumber makanan dari suatu rangkaian biokimia yang kompleks. Reaksi-reaksi tersebut dapat berupa katabolisme maupun anabolisme. Pada reaksi katabolisme, makanan (bahan organik) dipecah untuk menghasilkan energi. Pada proses anabolisme, energi digunakan untuk sintesis sel baru.

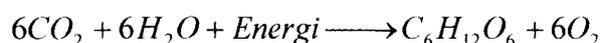
Proses dekomposisi bahan organik secara aerob :



Penguraian bahan organik secara anaerob :



Proses Fotosintesis :



Proses respirasi oleh mikroorganisme akan menghasilkan karbondioksida, air, dan energi yang digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis dengan

bantuan sinar matahari sebagai sumber energi. Karbohidrat dan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dimanfaatkan kembali oleh mikroorganisme untuk menguraikan kembali bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme dengan tanaman berlangsung dalam *wetlands*. Melalui siklus simbiosis ini akan berdampak terhadap penurunan bahan pencemar pada sumber limbah.

Tabel 4.6 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi BOD₅

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7372129.882(a)	9	819125.542	149.532	.000
Intercept	12674641.771	1	12674641.771	2313.771	.000
Waktu	92731.594	4	23182.899	4.232	.006
Konsentrasi	7159547.341	4	1789886.835	326.746	.000
Media	119850.947	1	119850.947	21.879	.000
Error	219116.617	40	5477.915		
Total	20265888.270	50			
Corrected Total	7591246.499	49			

a. R Squared = .971 (Adjusted R Squared = .965)

Media disini yaitu dengan tanaman dan tanpa tanaman

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi BOD₅ terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 4,232 dengan signifikansi 0,006. Nilai probabilitas < 0,05, maka H₀ ditolak artinya disini waktu detensi memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap penurunan kandungan BOD₅ pada reaktor dengan tanaman maupun reaktor tanpa tanaman. karena jika dilihat dari hasil pengujian laboratorium pun menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi BOD. Karena waktu detensi yang semakin lama akan memberikan kontak yang lebih

lama juga antara limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh menempel pada tanaman, sehingga memberikan kesempatan tanaman untuk mentransfer oksigen ke bagian akar

Nilai F hitung 21.879 dengan nilai signifikansi 0,000. Nilai probabilitas, $\alpha < 0,05$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa adanya tanaman dalam reaktor memiliki pengaruh terhadap perubahan konsentrasi bahan organik dalam reaktor. Karena tanaman dalam reaktor dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang biak.

4.3 Analisa Nitrat

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan kandungan nitrat yang terkandung dalam limbah industri tahu namun ada pula yang mengalami kenaikan. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reactor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reactor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Variasi efisiensi removal Nitrat yang terkandung dalam limbah sampai waktu detensi hari ke-12 dapat dilihat pada tabel hasil penelitian dibawah ini.

Table 4.7 Konsentrasi Nitrat dengan IAF

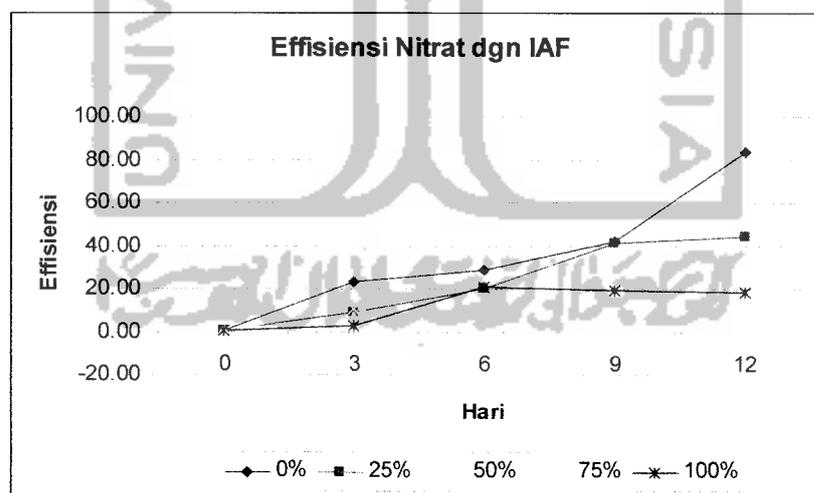
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.5	0.11	70	69.98	0.03	114	113.98	0.02	150.33	150.3	0.02
3	1.29	0.99	23.06	26.5	24.23	8.58	69.98	65.33	6.65	113.98	101.78	10.71	150.3	146.53	2.51
6	0.99	0.92	7.30	24.23	21.25	12.28	65.33	58.7	10.14	101.78	96.5	5.18	146.53	119	18.79
9	0.92	0.76	17.39	21.25	15.68	26.21	58.7	46.53	20.73	96.5	92.05	4.61	119	105.38	11.45
12	0.76	0.21	72.37	15.68	14.8	5.61	46.53	44.83	3.65	92.05	49.73	45.98	105.38	97.7	7.29

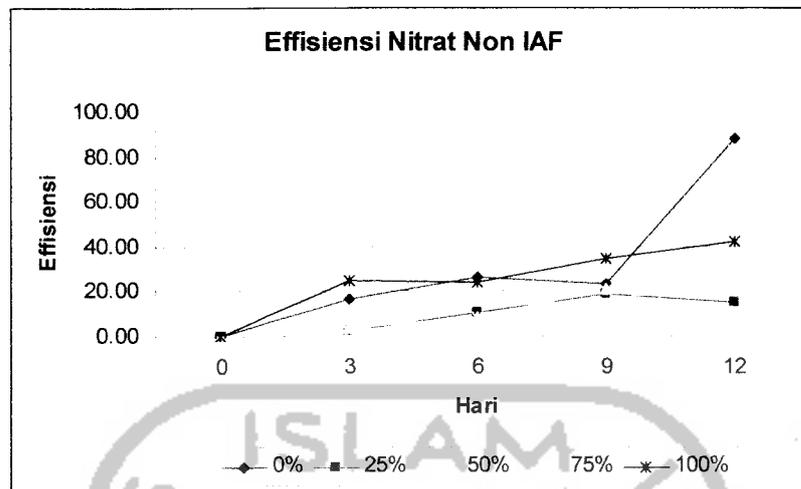
Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

Table 4.8 Konsentrasi Nitrat tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.53	0.00	70	70	0.00	114	114	0.00	150.33	150.33	0.00
3	1.29	1.08	16.36	26.53	25.95	2.19	70	67.6	3.43	114	111.75	1.97	150.33	112.7	25.03
6	1.08	0.95	11.96	25.95	23.7	8.67	67.6	64.28	4.91	111.75	104.65	6.35	112.7	114	-1.15
9	0.95	0.99	-4.21	23.7	21.45	9.49	64.28	55.05	14.36	104.65	53.6	48.78	114	82.2	27.89
12	0.99	0.16	83.84	21.45	22.6	-5.36	55.05	68.53	-24.49	53.6	60.88	-13.58	82.2	86.68	-5.45

Jika dibuat kedalam grafik maka akan terlihat seperti grafik dibawah ini:

**Gambar 4.5 Effisiensi Penurunan Nitrat dgn IAF**



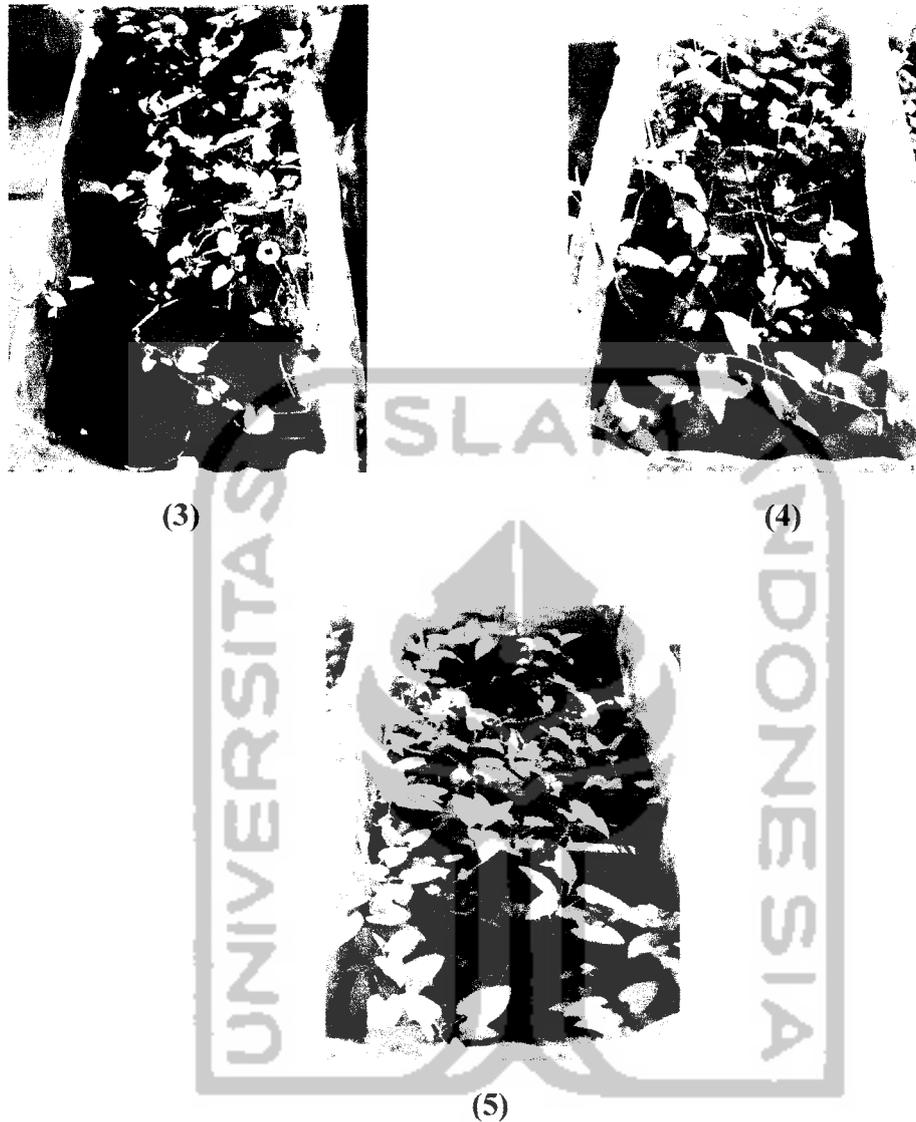
Gambar 4.6 Effisiensi Penurunan Nitrat Non IAF

Dari hasil penelitian menunjukkan perbandingan antara reaktor yang ditanami kangkung air dan non kangkung, bahwa konsentrasi rata-rata pada reaktor tanpa kangkung air memiliki efisiensi penurunan kandungan nitrat yang lebih baik dibandingkan pada reaktor yang ditanami kangkung air.

Penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik dimana pada proses ini dilepaskan nitrat ke badan air dimana bahan-bahan tersebut masih dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya, hal ini dapat menyebabkan meningkatnya kandungan nitrat dalam limbah. Disamping itu juga kadar nitrat dalam limbah bertambah karena terikatnya nitrogen di udara serta matinya tanaman pada konsentrasi limbah 50 %, 75 % dan 100 untuk konsentrasi ini pada hari keenam dan kesembilan terjadi penurunan efisiensi removal nitrat dalam limbah dengan kata lain terjadi peningkatan kandungan nitrat dalam limbah, hal ini dapat disebabkan matinya sebagian tanaman kangkung air, terutama untuk konsentrasi limbah 100 %, 80 % tanamannya mati karena kandungan limbah yang terlalu tinggi sehingga tanaman belum bisa untuk

menyesuaikan dengan keadaan yang ada, matinya tanaman ini menyebabkan meningkatnya kandungan nitrat dalam air karena kandungan nitrat yang terdapat dalam tanaman dilepaskan kedalam limbah. Namun pada hari yang kedua belas tanaman kangkung yang mati mulai digantikan oleh tunas tanaman yang baru, hal ini disebabkan karena tanaman sudah mampu menyerap unsur nitrat yang dimanfaatkan untuk metabolisme dan pertumbuhan mereka disamping tanaman sudah terbiasa dengan kondisi lingkungan yang ada juga pada hari kedua belas kandungan bahan organik telah banyak berkurang dan lebih stabil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :





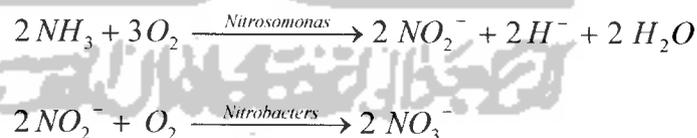
Gambar 4.1 Perubahan Tanaman Secara Visual pada hari ke-9 dengan konsentrasi : (1) 100 %; (2) 75 %; (3) 50 %; (4) 25 %; dan (5) kontrol

Proses yang terjadi pada reaktor adalah proses denitrifikasi dimana terjadi penguraian nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang terdapat pada limbah, nitrat berfungsi sebagai penerima ion hydrogen untuk respirasi bagi mikroorganisme. Bakteri yang berperan dalam proses denitrifikasi adalah bakteri fakultatif. Asimilasi nitrat

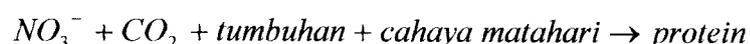
akan merubah nitrat nitrogen menjadi ammonia yang digunakan untuk biosintesis. Kecilnya nilai efisiensi penurunan nitrat disebabkan oleh karena pada nilai pH 4 proses denitrifikasi akan terhambat bahkan dapat terhenti sama sekali, karena pada suasana asam bakteri denitrifikasi tidak dapat mentolerir suasana asam.. Langkah penurunan nitrat dapat dituliskan sebagai berikut: (C.P Leslie G and Henry C Lim, 1980) :



NO, N₂O dan N₂ pada produk akhir dapat dilepaskan sebagai gas. Penurunan kandungan nitrat disebabkan terserapnya nitrat oleh tanaman. Unsur nitrogen merupakan unsur makro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan oleh tanaman dan mikroorganisme. Penurunan kandungan nitrat yang terdapat dalam reaktor menunjukkan adanya bakteri pengurai. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan pada bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Untuk persamaan reaksi dapat dilihat pada dibawah ini :



Kedua bakteri ini akan bersimbiosis dengan akar tanaman dan melekat pada tanah untuk mengikat nitrogen yang telah dirubah kedalam bentuk nitrat. Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein. Proses ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :



Tabel 4.9 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Nitrat

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nitrat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60.445(a)	9	6.716	55.968	.000
Intercept	1507.005	1	1507.005	12558.375	.000
MEDIA	4.805	1	4.805	40.042	.000
HARI	54.120	4	13.530	112.750	.000
MEDIA * HARI	1.520	4	.380	3.167	.024
Error	4.800	40	.120		
Total	1572.250	50			
Corrected Total	65.245	49			

a. R Squared = .926 (Adjusted R Squared = .910)

Dari hasil *Test of between subjects effects* konsentrasi nitrat terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 112,750 dengan signifikansi 0,000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi nitrat. Waktu detensi yang lama akan memberikan waktu kontak yang lebih lama antara mikroorganisme limbah dengan tanaman dan media tanah. Sehingga semakin lama waktu kontak maka konsentrasi nitrat yang terkandung semakin turun. Hal ini dapat dilihat nilai F untuk media yang memiliki nilai 40,042 dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, H_0 ditolak berarti adanya tanaman kangkung air mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi nitrat yang terkandung dalam limbah. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah (media*hari) 3,167 dengan nilai signifikansi $0,024 < 0,05$ berarti H_0 ditolak, berarti semakin tinggi konsentrasi limbah semakin tinggi pula kandungan nitrat yang dikandungnya.

4.4 Analisa Total P

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan kandungan total P yang terkandung dalam limbah industri tahu namun ada pula yang mengalami kenaikan. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reactor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reaktor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Table 4.10 Konsentrasi Total Phosfat dengan IAF

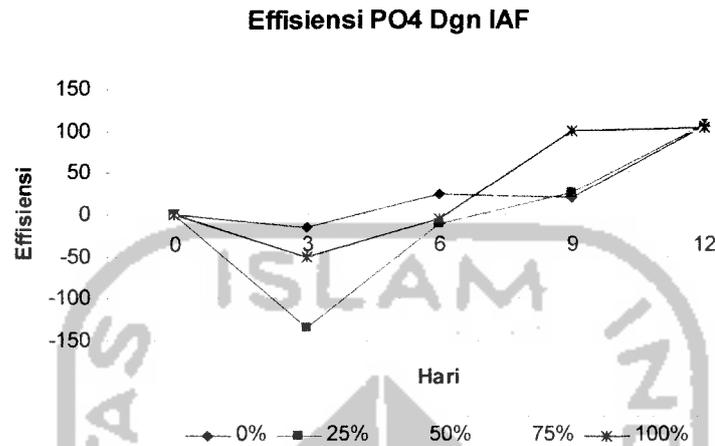
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	15.10	-6.76	92.22	157.67	-70.97	80.27	121.99	-51.97	84.84	138.90	-63.72	100.18	144.25	-43.99
6	15.10	13.03	13.72	157.67	121.03	23.24	121.99	90.05	26.18	138.90	66.07	52.43	144.25	103.16	28.49
9	13.03	11.89	8.72	121.03	108.28	10.53	90.05	27.33	69.65	66.07	15.15	77.07	103.16	14.83	85.62
12	11.89	-0.48	104.00	108.28	-4.95	104.57	27.33	-2.205	108.07	15.15	-1.02	106.73	14.83	3.14	78.83

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

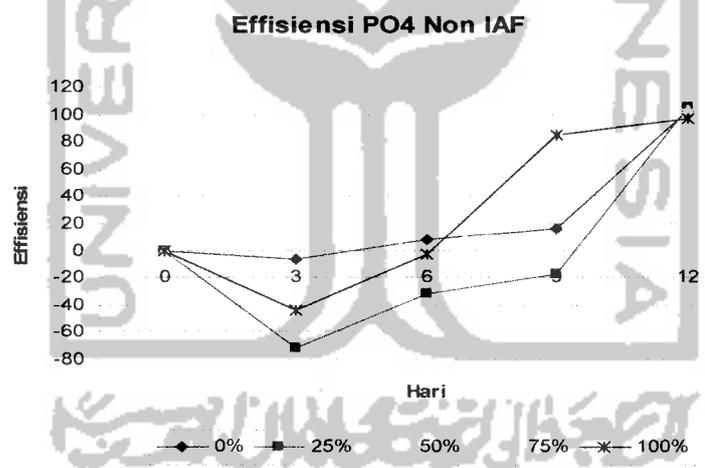
Table 4.11 Konsentrasi Total Phosfat tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	16.33	-15.45	92.22	215.87	-134.1	80.27	123.91	-54.37	84.84	121.37	-43.06	100.18	151.00	-50.73
6	16.33	10.72	34.36	215.87	103.69	51.97	123.91	125.02	-0.90	121.37	106.98	11.86	151.00	105.57	30.09
9	10.72	11.32	-5.64	103.69	69.12	33.34	125.02	8.26	93.40	106.98	11.80	88.97	105.57	1.20	98.86
12	11.32	-0.75	106.65	69.12	-6.03	108.72	8.26	0.24	97.15	11.80	-6.13	151.91	1.20	-3.67	405.83

Dari nilai efisiensi diatas jika dibuat kedalam bentuk grafik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Effisiensi Removal Total Phosfat Dengan IAF



Gambar 4.8 Effisiensi Removal Total Phosfat Tanpa IAF

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa reaktor yang ditanami kangkung air untuk tiap-tiap konsentrasinya pada hari ke-3 terjadi penurunan efisiensi artinya adanya peningkatan kandungan total P dalam limbah.

Pada reaktor dengan tanaman kangkung air pada konsentrasi limbah 0 % memiliki efisiensi 105.320 % dari konsentrasi awal 14.144 mg/L menjadi -0,752

mg/L. Konsentrasi limbah 25 % dengan konsentrasi limbah awal 92,22 mg/L menjadi -6,03 mg/L, dengan efisiensi sebesar 106,539 %. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal limbah 80,27 mg/L menjadi 2,35 mg/L pada konsentrasi ini terjadi kenaikan efisiensi 99,707 %. Konsentrasi limbah 75 % memiliki efisiensi sebesar 107,219 % dimana konsentrasi limbah awal sebesar 84,84 mg/L menjadi -6,125 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % memiliki efisiensi sebesar 103,663 % dengan konsentrasi awal limbah 100,18 mg/L menjadi -3,67 mg/L.

Pada reaktor non tanaman kangkung, pada konsentrasi limbah 0 % memiliki efisiensi 103,3666% dari konsentrasi awal 14,144 mg/L menjadi -0,476 mg/L. Konsentrasi limbah 25 % dengan konsentrasi limbah awal 92,22 mg/L menjadi -4,95 mg/L, dengan efisiensi sebesar 105,368 %. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal limbah 80,27 mg/L menjadi -2,205 mg/L pada konsentrasi ini terjadi kenaikan efisiensi 102,747 %. Konsentrasi limbah 75 % memiliki efisiensi sebesar 101,202 % dimana konsentrasi limbah awal sebesar 84,84 mg/L menjadi -1,02 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % memiliki efisiensi sebesar 96,866 % dengan konsentrasi awal limbah 100,18 mg/L menjadi 3,14 mg/L.

Disini terlihat dari hasil rata-rata menunjukkan pada reaktor dengan tanaman kangkung air memberikan hasil penurunan yang lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor tanpa tanaman kangkung air. Hal ini disebabkan oleh adanya tanaman dalam reaktor yang akan menyerap kandungan total P dalam limbah, karena fosfat merupakan salah satu unsur makro yang penting bagi

pertumbuhan tanaman dan untuk produktivitas tanaman. Selain itu mikroorganisme yang tumbuh menempel pada tanaman kangkung air memanfaatkan unsur P untuk proses metabolisme dan pertumbuhan mereka serta disimpan pada system jaringan mereka. Mikroorganisme seperti bakteri, fungi dan alga dapat menguraikan unsur P secara cepat karena mereka umumnya cepat tumbuh dan dapat melipat gandakan diri dalam waktu yang singkat.

Phosphor pada sistem alami digunakan untuk reaksi biokimia yang sangat kompleks. Removal P dalam system *wetlands* adalah akar tanaman menyerap sejumlah unsur P yang terdapat dalam tanah dan ditranslokasikan seluruh bagian tumbuhan dan akan disimpan pada bagian akar dan *rhizomes*. Tumbuhan dan mikroorganisme akan mengikat P pada limbah yang kemudian digunakan untuk dekomposisi metabolisme.

Secara umum proses penurunan kandungan P meliputi penyerapan dan pengendapan, tanah pada system alami memiliki kapasitas untuk penyerapan unsur P walaupun dalam jumlah yang terbatas, penyerapan merupakan proses fisik yang dominan dalam menurunkan kandungan unsur P yang bersifat mudah larut yang diambil dari pori-pori air dan permukaan tanah (Kadlec and Knight, 1995).

Setelah waktu detensi hari ketiga sampai hari keenam terjadi penurunan efisiensi removal total P untuk reaktor tanpa tanaman maupun dengan tanaman, hal ini disebabkan oleh matinya bakteri yang dapat menguraikan total P dalam tanah, matinya bakteri ini dapat disebabkan kurangnya kemampuan untuk beradaptasi terhadap kondisi limbah tahu. Disamping itu juga bertambahnya

kandungan total P dipengaruhi oleh matinya tanaman dalam reaktor sehingga terjadi pelepasan kandungan total yang terdapat pada tanaman, karena dalam tanaman juga mengandung unsur total P.

Namun mendekati hari kesembilan terjadi kenaikan efisiensi untuk kedua reaktor, hal ini disebabkan karena sudah stabilnya kondisi limbah dalam reaktor sehingga memungkinkan mikroorganisme untuk dapat tumbuh kembali dalam reaktor, dan memungkinkan mikroorganisme untuk tumbuh pada akar tanaman. Pada hari kedua belas kandungan total P dalam limbah menunjukkan nilai yang negatif dengan efisiensi penurunan tiap konsentrasi sudah lebih dari 100 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya tanaman kangkung air dalam reaktor mampu mereduksi kandungan total P dalam limbah yang dihasilkan dari pabrik tahu.

Tabel 4.12 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Total P

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Phosfat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38393.777(a)	5	7678.755	2.699	.033
Intercept	186334.185	1	186334.185	65.495	.000
media	10.201	1	10.201	.014	.043
hari	38383.576	4	9595.894	3.373	.017
Error	125180.885	44	2845.020		
Total	349908.847	50			
Corrected Total	163574.662	49			

a R Squared = .235 (Adjusted R Squared = .148)

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Total P terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 3,373 dengan nilai signifikansi 0,017, $\alpha < 0,05$, H_0 ditolak. Karena H_0 ditolak berarti waktu detensi berpengaruh terhadap

penurunan konsentrasi total P, berarti semakin lama waktu kontak antara limbah, tanaman dan mikroorganisme dalam reaktor maka konsentrasi total P semakin menurun, karena mikroorganisme akan menguraikan total P yang terdapat pada limbah disamping terserap oleh tanaman dan pori-pori tanah. Nilai F hitung untuk media 0,014 dengan nilai signifikansi 0,043, $\alpha < 0,05$, berarti H_0 ditolak dengan kata lain bahwa dengan adanya tanaman dalam reaktor berpengaruh terhadap menurunnya konsentrasi total P dalam limbah, karena tanaman dalam reaktor dimanfaatkan oleh mikroorganisme pengurai fosfat sebagai media tumbuh.

