

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam Bab V ini membahas tentang perhitungan waktu detensi (t_d), hasil uji di laboratorium yang meliputi kandungan amoniak, fosfat, suhu dan pH, faktor penyebab dan rekomendasi untuk perbaikan sistem di IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningsih.

Pada hasil pengamatan di IPAL terdahulu menyatakan kandungan untuk amoniak dan fosfat sangat tinggi sehingga tidak layak untuk dibuang ke sungai karena di indikasi dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah. Untuk itu setelah menelaah permasalahan yang ada di harapkan dapat memberikan saran perbaikan di IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningsih.

Langkah-langkah yang harus dilakukan sebelum pengambilan sampel di input dan output pada *Horizontal Gravel Filter* adalah menentukan nilai t_d . Nilai t_d ini sangat penting berhubungan dengan selisih waktu pengambilan sampel di input dan output.

5.1 Perhitungan volume kosong

Volume kosong adalah hasil kali dari panjang, lebar dan tinggi dari media *Sub Surface Weillants*.

Menghitung Volume :

Diketahui :

$$\text{Luasan media} = 74,556 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi media} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \text{Luas} * \text{Tinggi}$$

$$= 74,556 \text{ m}^2 * 0,4 \text{ m}$$

$$= 29,822 \text{ m}^3$$

Debit rata-rata yang masuk pada IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningsih adalah $0,357 \text{ m}^3/\text{jam}$, sehingga nilai *Empty Bed Detention Time* (EBDT) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{EBDT} &= \frac{\text{Volume}(\text{m}^3)}{\text{Debit}(\text{m}^3/\text{jam})} \\ &= \frac{29,822\text{m}^3}{0,357\text{m}^3/\text{jam}} \\ &= 83, 535 \text{ jam} = 3 \text{ hari lebih 11 jam} \end{aligned}$$

5.2 Perhitungan porositas

Perhitungan porositas digunakan untuk menentukan kemampuan media dalam menyerap air limbah yang masuk ke dalam *Horizontal Gravel Filter*. Berikut ini adalah hasil perhitungan porositas pada 7 titik sampel media pada *Horizontal Gravel Filter*.

Tabel 5.1 Perhitungan porositas pada titik sampel 1

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	452	22.85%	0.385	8.80%
19.1	534	27.00%	0.373	10.07%
12,7	600	30.33%	0.359	10.89%
9,52	162	8.19%	0.353	2.89%
4,76	215	10.87%	0.323	3.51%
2,38	15	0.76%	0.303	0.23%
Total	1978			0.364

Tabel 5.2 Perhitungan porositas pada titik sampel 2

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	511	25.89%	0.385	9.97%
19.1	325	16.46%	0.373	6.14%
12,7	581	29.43%	0.359	10.57%
9,52	282	14.29%	0.353	5.04%
4,76	260	13.17%	0.323	4.25%
2,38	15	0.76%	0.303	0.23%
Total	1974			0.362

Tabel 5.3 Perhitungan porositas pada titik sampel 3

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	735	36.93%	0.385	14.22%
19.1	342	17.19%	0.373	6.41%
12,7	577	28.99%	0.359	10.41%
9,52	245	12.31%	0.353	4.35%
4,76	90	4.52%	0.323	1.46%
2,38	1	0.05%	0.303	0.02%
Total	1990			0.369

Tabel 5.4 Perhitungan porositas pada titik sampel 4

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	410	20.81%	0.385	8.01%
19.1	283	14.37%	0.373	5.36%
12,7	760	38.58%	0.359	13.85%
9,52	337	17.11%	0.353	6.04%
4,76	178	9.04%	0.323	2.92%
2,38	2	0.10%	0.303	0.03%
Total	1970			0.362

Tabel 5.5 Perhitungan porositas pada titik sampel 5

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	1090	55.39%	0.385	21.32%
19.1	496	25.20%	0.373	9.40%
12,7	341	17.33%	0.359	6.22%
9,52	35	1.78%	0.353	0.63%
4,76	5	0.25%	0.323	0.08%
2,38	1	0.05%	0.303	0.02%
Total	1968			0.377

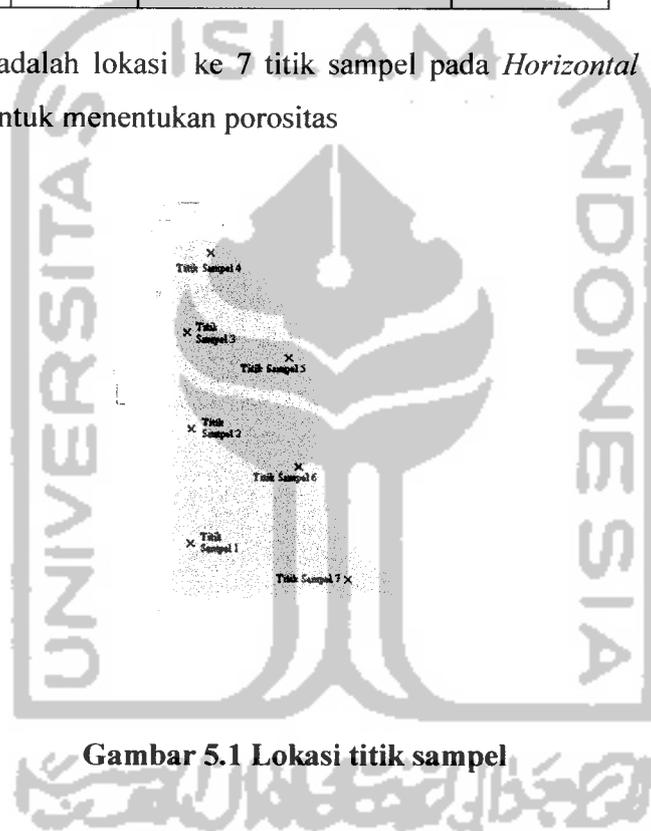
Tabel 5.6 Perhitungan porositas pada titik sampel 6

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	870	43.81%	0.385	16.87%
19.1	640	32.23%	0.373	12.02%
12,7	378	19.03%	0.359	6.83%
9,52	87	4.38%	0.353	1.55%
4,76	10	0.50%	0.323	0.16%
2,38	1	0.05%	0.303	0.02%
Total	1986			0.374

Tabel 5.7 Perhitungan porositas pada titik sampel 7

Diameter	Berat	Persentase	Porositas	Jumlah
25,4	728	36.55%	0.385	14.07%
19.1	360	18.07%	0.373	6.74%
12,7	572	28.71%	0.359	10.31%
9,52	172	8.63%	0.353	3.05%
4,76	155	7.78%	0.323	2.51%
2,38	5	0.25%	0.303	0.08%
Total	1992			0.368

Berikut ini adalah lokasi ke 7 titik sampel pada *Horizontal Gravel Filter* yang digunakan untuk menentukan porositas

**Gambar 5.1 Lokasi titik sampel**

Setelah di dapat nilai porositas sampel 1 sampai sampel 7 maka menghitung rata-rata nilai porositas.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata porositas} &= \frac{\text{porositas sampel 1} + \text{porositas sampel 2} + \text{porositas sampel 3} + \text{porositas sampel 4} + \text{porositas sampel 5} + \text{porositas sampel 6} + \text{porositas sampel 7}}{7} \\
 &= \frac{0,364 + 0,362 + 0,369 + 0,362 + 0,377 + 0,374 + 0,368}{7} \\
 &= 0,368
 \end{aligned}$$

Nilai porositas 0,368 termasuk pada jenis *Gravelly sand* diameter 8 mm dan *Medium gravel* diameter 32 mm. Sebenarnya dalam pengolahan limbah diameter gravel yang digunakan adalah 5-130 mm yakni pada nilai porositas sebesar 0,335 sampai 0,45. Tetapi gravel ukuran kecil lebih diyakini untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme. Maka diameter gravel ukuran 3-32 mm yakni pada nilai porositas sebesar 0,325 sampai 0,40 lebih disarankan digunakan dalam pengolahan limbah karena dapat memperkecil penyumbatan. Sehingga nilai porositas 0,368 sudah dikatakan baik untuk digunakan pada *Horizontal Gravel Filter* karena dapat mendukung pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme juga dapat memperkecil penyumbatan.

5.3 Pengukuran Volume reaktor terisi medium

Perhitungan volume reaktor terisi medium dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume kosong} * \text{porositas}$$

Diketahui :

$$\text{Volume} = 29,82232 \text{ m}^3$$

$$\text{Rata- rata porositas} = 0,368$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume} * \text{Rata- rata porositas}$$

$$= 29,82232 \text{ m}^3 * 0,368$$

$$= 10,975 \text{ m}^3$$

5.4 Pengukuran debit

Alat pengukur debit model V-Thomson digunakan untuk mengukur debit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Klepu. Alat pengukur debit ini bekerja secara manual yang dapat digunakan untuk mengukur laju aliran air. Penggunaan alat ini akan lebih bila sebagai pelengkap dalam instalasi pengolahan limbah cair. Kemampuan pengukuran laju aliran air maksimum sebesar 15,123 l/dt.

Akurasi alat pengukur debit model V-Thomson lebih mengandalkan kemampuan dari kejelian manusia. Perawatan dalam saluran akan membantu akurasi alat serta kekuatan dari adanya gesekan aliran air.

Tabel berikut ini digunakan untuk melihat besarnya debit berdasarkan air yang mengalir melalui alat pengukur V-Thomson.

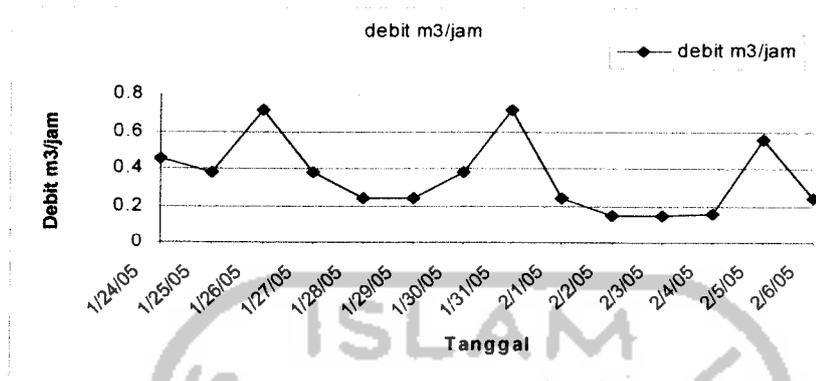
Tabel 5.8 Tabel debit model V-thomson

Nomor	Satuan Debit			Nomor	Satuan Debit		
	inchi	l/det	m ³ /jam		inchi	l/det	m ³ /jam
1	1/16	0.0003	0.0011	17	1 1/16	0.0920	0.3312
2	2/16	0.0009	0.0032	18	1 2/16	0.1050	0.3780
3	3/16	0.0022	0.0079	19	1 3/16	0.1260	0.4536
4	4/16	0.0039	0.0140	20	1 4/16	0.1550	0.5580
5	5/16	0.0074	0.0266	21	1 5/16	0.1830	0.6588
6	6/16	0.0089	0.0320	22	1 6/16	0.1990	0.7164
7	7/16	0.0121	0.0436	23	1 7/16	0.2190	0.7884
8	8/16	0.0158	0.0569	24	1 8/16	0.2420	0.8712
9	9/16	0.0278	0.1001	25	1 9/16	0.3050	1.0980
10	10/16	0.0344	0.1238	26	1 10/16	0.3200	1.1520
11	11/16	0.0416	0.1498	27	1 11/16	0.3360	1.2096
12	12/16	0.0433	0.1559	28	1 12/16	0.3540	1.2744
13	13/16	0.0581	0.2092	29	1 13/16	0.4470	1.6092
14	14/16	0.0670	0.2412	30	1 14/16	0.4620	1.6632
15	15/16	0.0773	0.2783	31	1 15/16	0.4780	1.7208
16	1	0.0880	0.3168	32	2	0.4950	1.7820

(Hendro, BAPEDALDA)

Berikut ini adalah hasil pengukuran debit yang dilakukan pada tanggal 24 Januari 2005 sampai dengan 6 Februari 2005. Untuk tabel pengukuran debit ini dapat dilihat pada lampiran.

Grafik 5.1 Pengukuran debit tanggal 24/1/2005 s/d 6/2/2005



5.5 Pengukuran Td

Setelah Volume total didapat, maka dapat mencari nilai td. Dimana rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$T_d = \frac{\text{volumetotal}(m^3)}{Q(m^3 / \text{jam})}$$

Contoh perhitungan td

Misal :

Volume reaktor = 10,975 m³

Debit = 0,1001 m³/jam

Nilai Q didapat dari air yang mengalir melalui V-thomson, nilai debit dapat dilihat pada alat pengukur model V-Thomson.

$$T_d = \frac{10.975}{0,1001}$$

$$= 109,662 \text{ jam}$$

Misal :

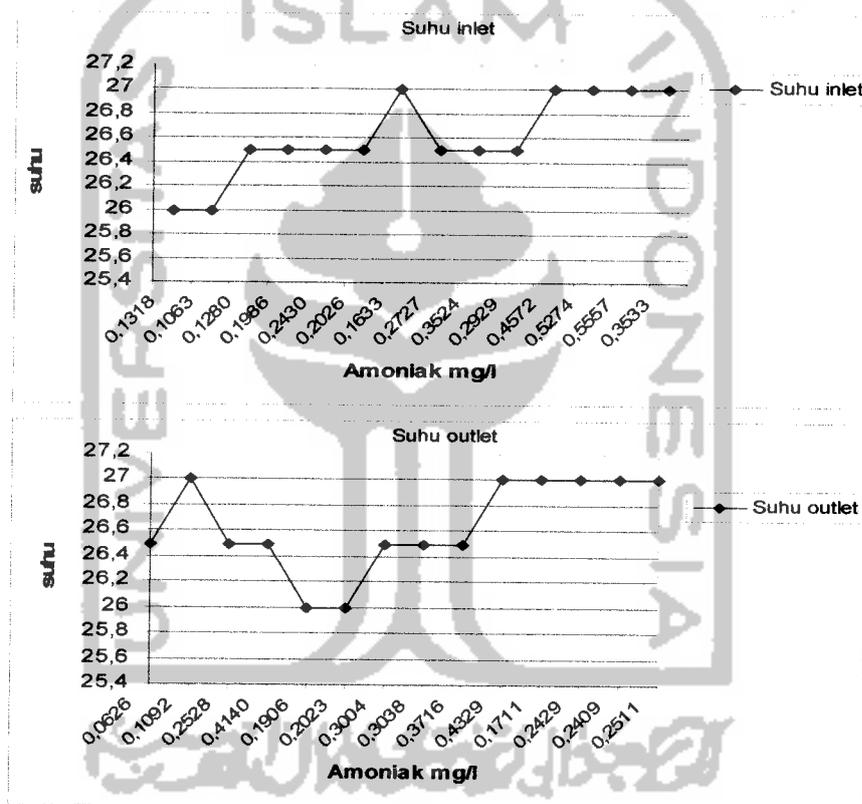
Waktu pengambilan sampel di input jam 9 maka waktu pengambilan waktu di output adalah 4 hari jam 23.06

Untuk selanjutnya, tabel perhitungan Td dapat dilihat pada lampiran.

5.6 Pengukuran suhu dan Amoniak

Pengukuran suhu yang bervariasi dari musim hujan ke musim kemarau mempengaruhi naik turunnya suhu pada inlet dan outlet, Suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme dapat hidup pada suhu optimum 25°C-40°C.

Grafik 5.2 pengukuran suhu dan amoniak tanggal 24/1/2005 s/d 6/2/2005

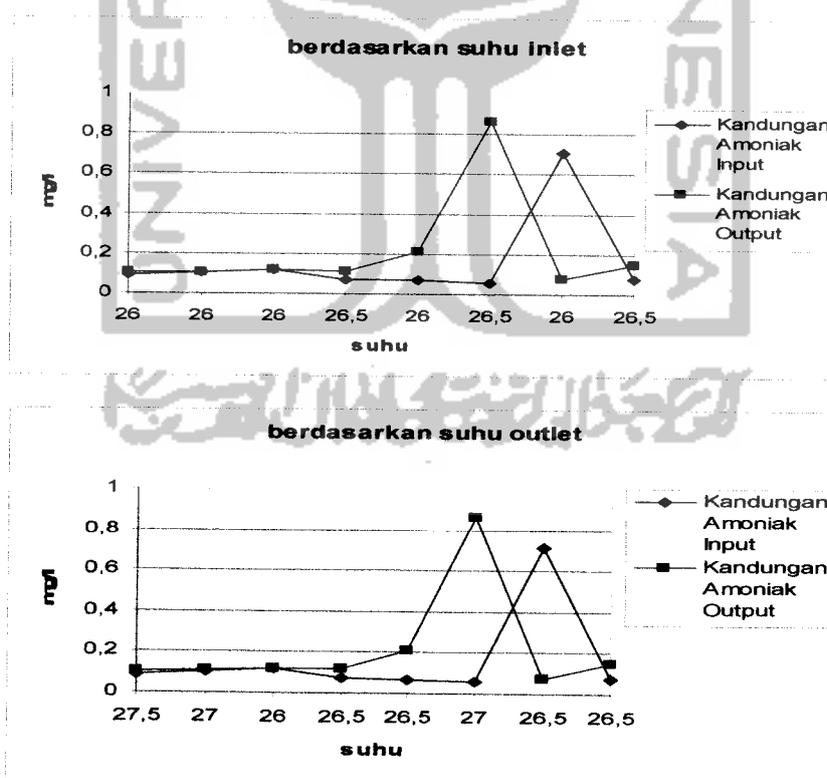


Pada grafik 5.2, suhu pada inlet dan outlet berada pada 26°C-27°C. Berdasarkan perhitungan nilai t_d , Pengambilan sampel di inlet pada tanggal 25/01/05 dan 26/01/05, maka untuk pengambilan di outlet pada tanggal 26/01/05. Demikian pula pada inlet tanggal 29/01/05 s/d 31/01/05 pengambilan outlet pada satu waktu, yakni pada tanggal 31/01/05. Naik turunnya suhu dipengaruhi oleh

waktu pengambilan pada inlet dan outlet. Pada waktu pengukuran suhu terjadi variasi musim. Pada pagi hari terjadi hujan namun pada siang hari panas dan pada malam hari hujan lagi., pengambilan pada waktu pagi, siang dan malam juga mempengaruhi nilai suhu. Variasi musim berpengaruh pada nilai suhu di inlet dan outlet. Selain hal tersebut, pemakaian air panas pada proses pencucian berpengaruh pada suhu tinggi.

Pada suhu tanggal 03/02/05, 04/02/05, 05/02/05, 06/02/05 dimana nilai suhu di inlet dan di outlet sama yakni pada suhu 27°C nilai amoniak pada inlet sangat tinggi namun terjadi penurunan di outlet. Dan pada tanggal 28/01/2005 dan 29/01/2005 dimana suhu di outlet lebih kecil daripada suhu di inlet amoniak mengalami penurunan. Penurunan suhu dari 26,5°C menjadi 26°C disebabkan pengambilan outlet pada pagi hari jam 5.50, suhu pada pagi hari lebih rendah.

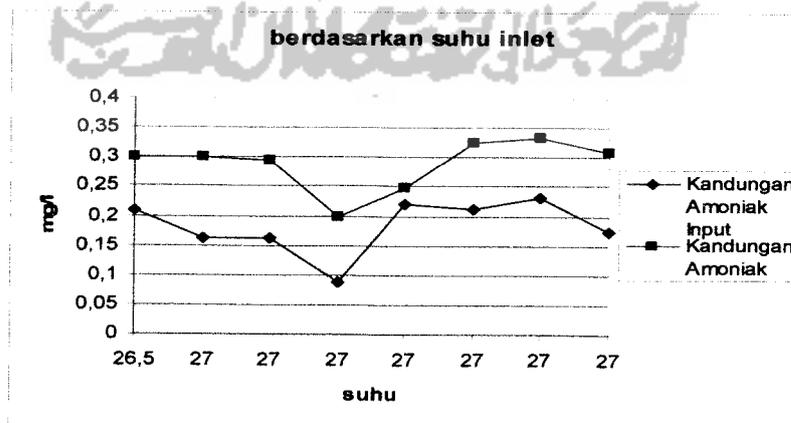
Grafik 5.3 pengukuran suhu dan amoniak tanggal 25/1/2005

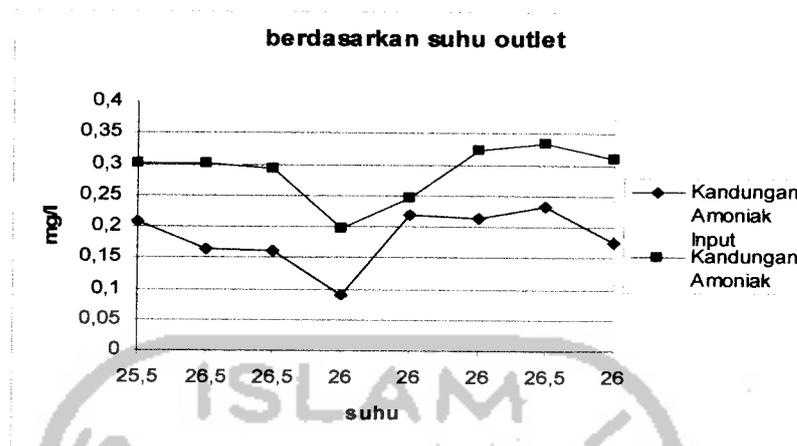


Pada grafik 5.3 merupakan pengukuran suhu pada tanggal 25/1/2005. Pengambilan sampel di inlet dilakukan mulai jam 07.00 s/d 14.00. Dari grafik diatas, suhu di inlet cenderung konstan karena pada inlet tertutup beton, namun berbeda dengan pengambilan sampel di outlet, berdasarkan perhitungan nilai td suhu cenderung naik turun. Naik turunnya suhu selain dipengaruhi variasi musim dan waktu pengambilan juga diakibatkan dari pemakaian air panas untuk kegiatan laundry sehingga suhu menjadi naik. Tetapi suhu dapat juga mempengaruhi tanaman. Pada jenis tanaman *Typha* suhu yang diperlukan adalah 10°C - 30°C , sehingga kinerja dari tanaman tersebut dapat efektif.

Pada tanggal 25/01/2005 pada pukul 10.00, 12.00 dan 14.00 dimana suhu berada pada nilai $26,5^{\circ}\text{C}$ di inlet dan variasi nilai suhu pada outlet berkisar $26,5^{\circ}\text{C}$ - 27°C , amoniak mengalami kenaikan. Namun pada nilai amoniak dimana suhu di inlet dan di outlet sama yakni pada suhu $26,5^{\circ}\text{C}$ amoniak juga mengalami kenaikan tetapi lebih besar jika dibandingkan pada nilai suhu di outlet yang lebih besar yakni 27°C daripada di inlet yakni pada $26,5^{\circ}\text{C}$. Pada suhu yang tinggi pada outlet menyebabkan amoniak lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan reaksi yang terjadi di *Horizontal Gravel Filter* tidak terjadi secara sempurna sehingga menyebabkan kenaikan pada nilai amoniak.

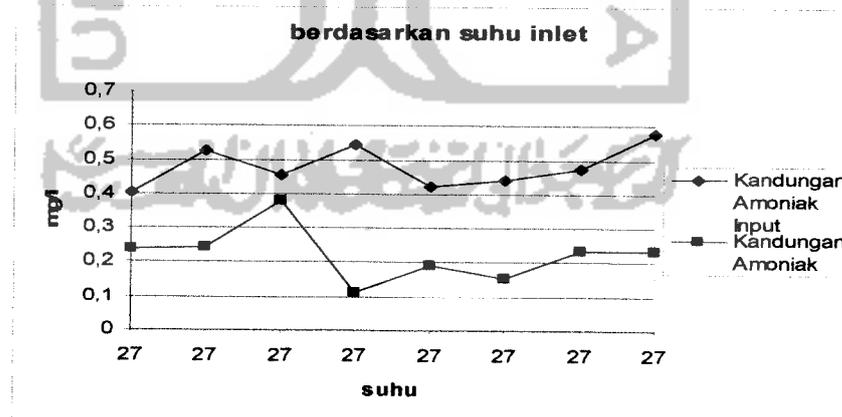
Grafik 5.4 pengukuran suhu dan amoniak tanggal 30/1/2005

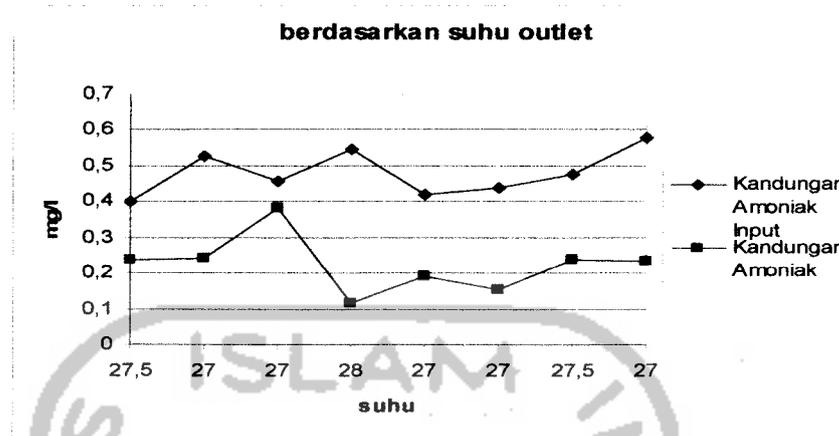




Pada grafik 5.4 nilai amoniak pada outlet lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai amoniak di inlet, suhu di outlet lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu pada suhu inlet, seharusnya terjadi penurunan amoniak tetapi amoniak semakin tinggi. Hal tersebut diakibatkan sampel tidak langsung diperiksa oleh BTKL, karena pengiriman sampel terlambat dan tanggal 30/1/2005 adalah hari minggu, sehingga nilai amoniak pada outlet tinggi.

Grafik 5.5 pengukuran suhu dan amoniak tanggal 4/2/2005



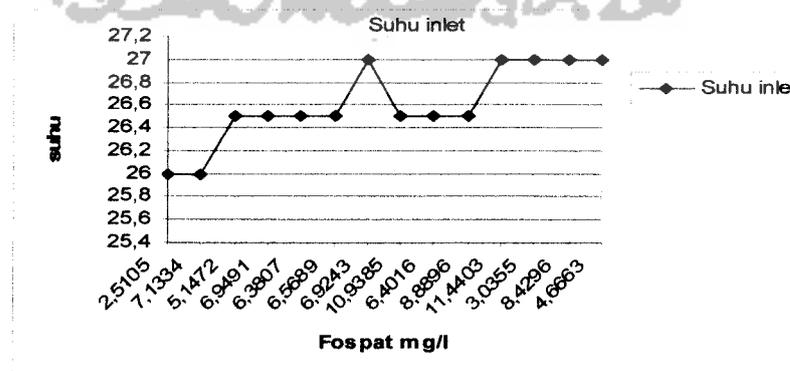


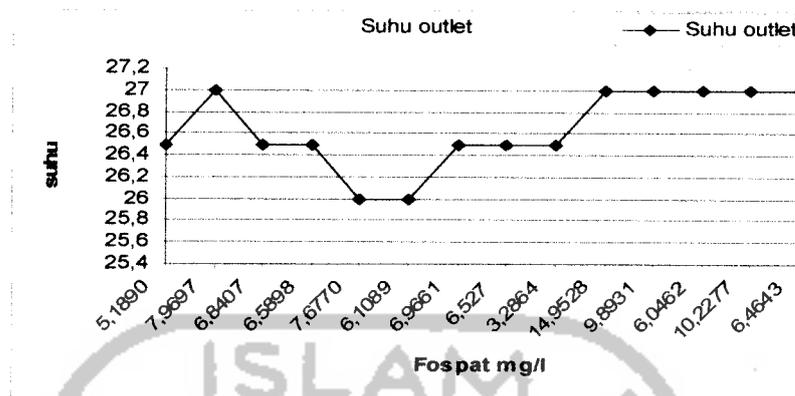
Pada tanggal 4/02/2005 dimana suhu di inlet pada jam 07.00 s/d 14.00 konstan pada nilai suhu 27°C, amoniak sangat tinggi namun pada outlet dimana terjadi variasi suhu antara 27°C-28°C amoniak mengalami penurunan. Penurunan terjadi dimana reaksi yang terjadi di dalam *Horizontal Gravel Filter* berjalan secara sempurna. Suhu tinggi digunakan amoniak untuk proses reduksi.

5.7 Pengukuran suhu dan Fosfat

Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran suhu dan Fosfat di *Horizontal Gravel Filter* Rumah Sakrt Panti Baktiningsih

Grafik 5.6 pengukuran suhu dan fosfat tanggal 24/1/2005 s/d 6/2/2005



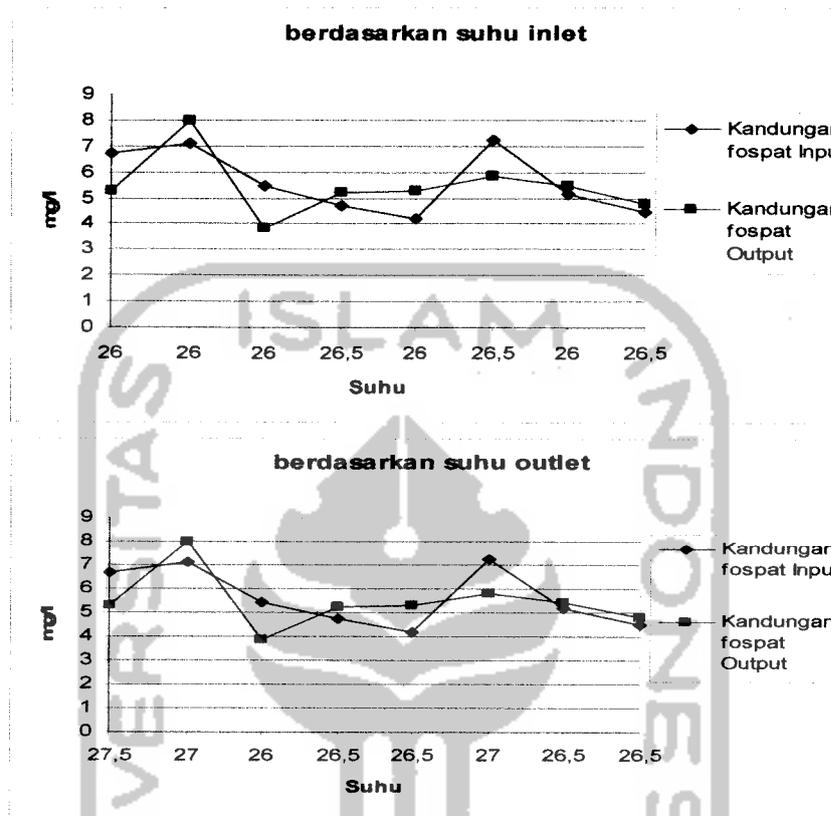


Pada grafik 5.6 pengukuran fosfat pada tanggal 5/2/2005 di output sangat fluktuatif. Pada Outlet tanggal 5-2-2005 merupakan akumulasi debit dari tanggal 3/2/2005 s/d 5/2/2005 yang rata-rata tinggi. Begitu juga dengan jumlah cucian yang ada di *laundry* dari tanggal 3/2/2005 s/d 5/2/2005 jumlah sangat meningkat tajam.

Pada grafik diatas, kadar fosfat pada output yang dihasilkan masih tinggi. Pada penurunan fosfat di *Horizontal Gravel Filter* masih dikatakan belum efektif. Ukuran gravel pada media adalah faktor penting dalam menurunkan senyawa fosfat, selain itu tanaman juga menyerap sebagian fosfat melalui akarnya. Sehingga media dan tanaman di *Horizontal Gravel Filter* harus diperhatikan.

Pada tanggal 4/2/2005, 5/2/2005, 6/2/2005, dimana suhu pada inlet dan outlet pada suhu 27°C fosfat mengalami kenaikan. Suhu diperlukan untuk membantu proses penurunan fosfat melalui reaksi yang terjadi di dalam *Horizontal Gravel Filter*, sehingga pada suhu di inlet dan outlet sama maka reaksi yang terjadi tidak berlangsung secara sempurna.

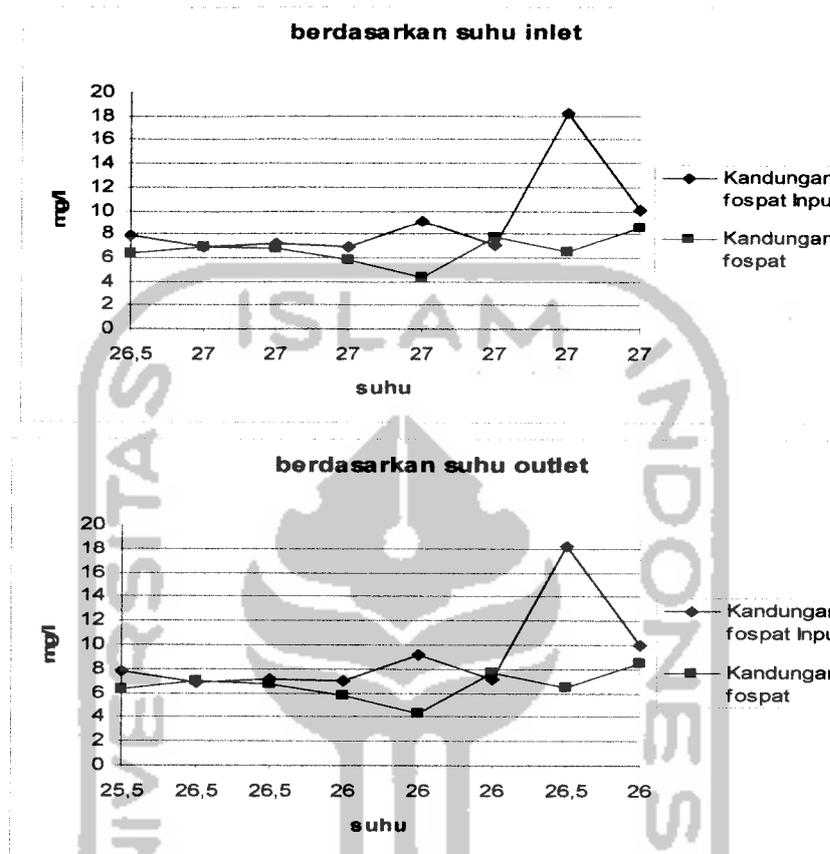
Grafik 5.7 pengukuran suhu dan fosfat tanggal 25/1/2005



Pada grafik 5.7 tanggal 25/01/05, fosfat tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Pengambilan di input diikuti pengambilan di output hasilnya tidak terlalu fluktuatif. Pada outlet pukul 08.00 mengalami kenaikan, dikarenakan pengambilan di outlet pada siang hari, yakni pada pukul 13.03. Pada outlet jam 07.00 output lebih rendah, karena waktu detensi yang lebih banyak, jika dibanding yang lain.

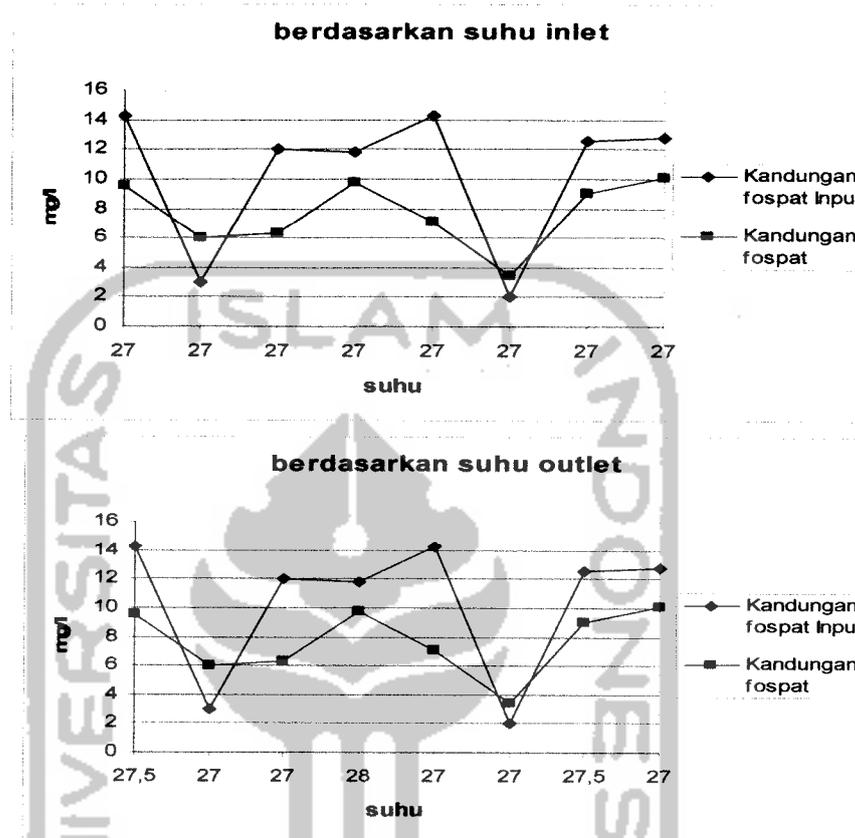
Pada pengambilan fosfat di inlet tanggal 25/1/2005, dimana suhu pada inlet dan outlet sama, fosfat mengalami penurunan. Pengambilan pada inlet dilakukan pada siang hari pada kondisi hujan dan pengambilan pada outlet pada malam hari, menyebabkan persamaan nilai suhu.

Grafik 5.8 pengukuran suhu dan fosfat tanggal 30/1/2005



Pada inlet tanggal 30/01/05 pada pukul 13.00 fosfat mengalami kenaikan. Namun pada output cenderung konstan, karena jumlah debit air yang mengalir pada tanggal 30/01/05 s/d 01/02/05 cenderung konstan. Pada jam 11.00, 13.00 dan 14.00 terjadi penurunan fosfat yang signifikan, penurunan fosfat dipengaruhi oleh penurunan suhu, yakni dari 27°C menjadi 26°C. Suhu yang tinggi pada inlet dipergunakan untuk proses reaksi yang terjadi dalam *Horizontal Gravel Filter*, sehingga terjadi penurunan suhu di outlet.

Grafik 5.9 pengukuran suhu dan fosfat tanggal 4/2/2005

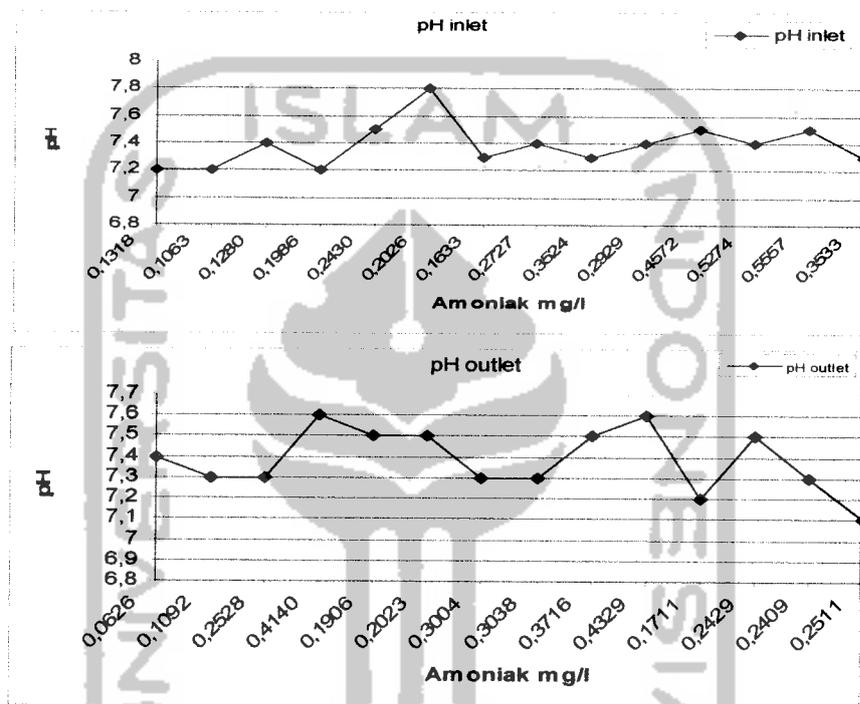


Pada tanggal 04/02/05 cenderung naik turun. Perbedaan pengambilan sampel dan variasi debit yang masuk pada *Horizontal Gravel Filter* mempengaruhi nilai fosfat. Pada pengambilan fosfat di inlet tanggal 4/2/2005, dimana suhu di outlet lebih tinggi daripada di inlet yakni dari suhu 27°C menjadi 28°C fosfat mengalami penurunan. Penurunan fosfat dipengaruhi oleh waktu td yakni sekitar 2-3 hari. Dimana fosfat yang masuk pada *Horizontal Gravel Filter* diserap oleh tanaman. Untuk lebih meningkatkan peranan tanaman untuk menyerap fosfat, ada beberapa tanaman air yang dapat meremoval fosfat yakni jenis *Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*.

5.8 Pengukuran pH dan Amoniak

Tujuan pengukuran pH ini untuk menentukan nilai Amoniak. Apabila pH dibawah 6 maka Amoniak di dalam air limbah tidak dapat terdeteksi.

Grafik 5.10 Pengukuran pH dan Amoniak tanggal 24/1/2005 s/d 6/2/2005

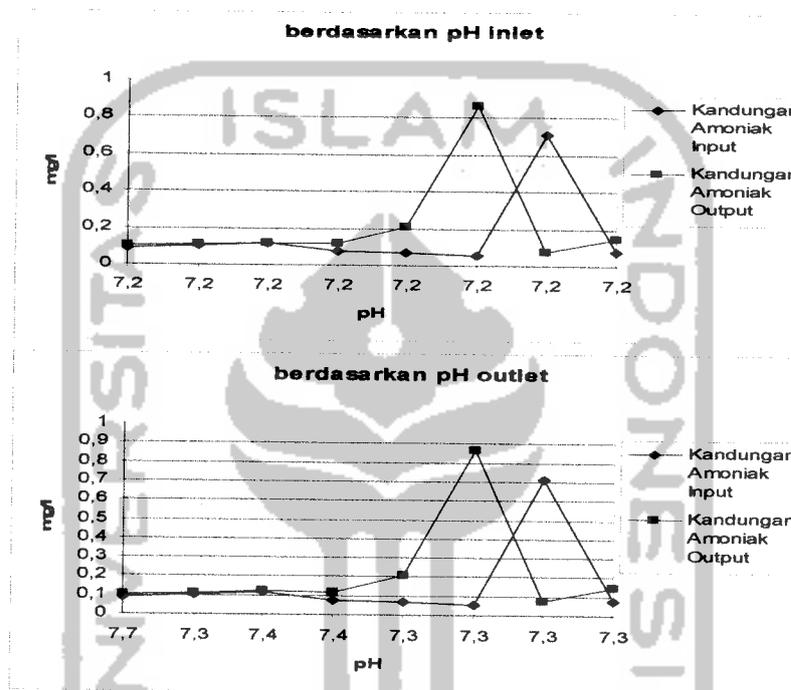


Pada pH dimana nilai pH di outlet lebih tinggi daripada nilai di inlet amoniak mengalami kenaikan, yakni terjadi pada tanggal 27/01/2005 dan 2/02/2005 namun nilai pH dimana nilai di outlet lebih rendah daripada nilai di inlet amoniak mengalami penurunan yakni pada tanggal 29/1/1005, 3/2/2005, 5/2/2005 dan 6/2/2005.

Pada grafik diatas kadar amoniak di input tanggal 02/02/05 sampai 05/02/05 terus mengalami peningkatan yang tajam. Tetapi pada tanggal 05/02/05 terjadi penurunan nilai pH, penurunan pH dari 7,5 menjadi 7,3 disebabkan buangan dari kegiatan di kamar mandi tinggi, seperti diketahui urine mempunyai pH 6 sehingga pH turun.

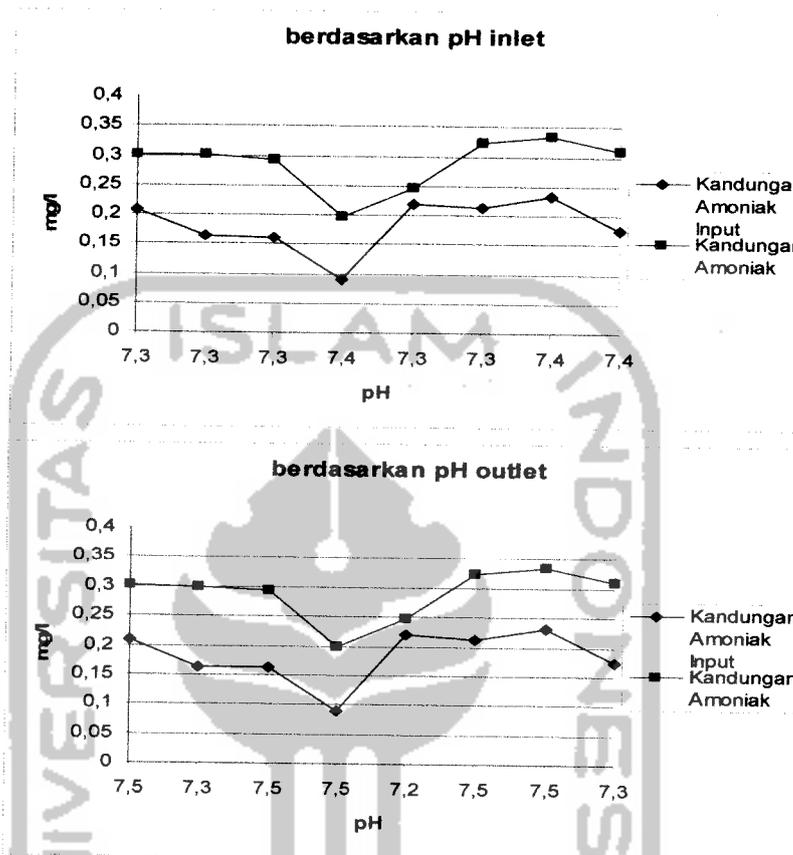
Seperti yang kita ketahui jumlah aliran air limbah pada Rumah Sakit Medis adalah rata-rata 650 l/unit/hari (Metcalf and Eddy, 1979). Sehingga air buangan pasien memberi sumbangan terbesar pada tingginya amoniak.

Grafik 5.11 pengukuran pH dan Amoniak tanggal 25/1/2005



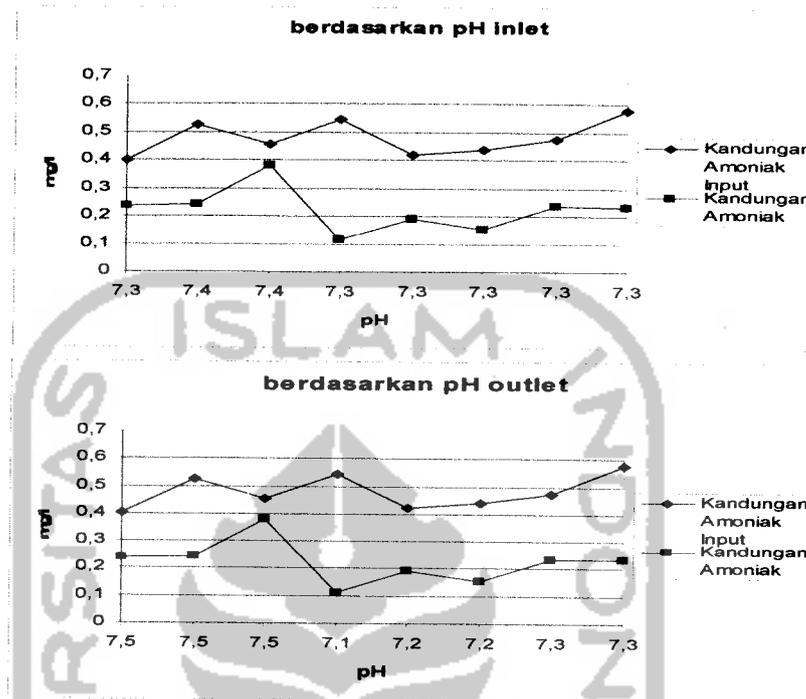
Pada grafik 5.11 pada input pada tanggal 25/1/2005 sangat tinggi. Pada pengambilan sampel di output tanggal 25/1/2005 merupakan akumulasi tanggal 25/1/2005 dan 26/1/2005. Pada tanggal 25/1/2005 terjadi kenaikan pH, hal tersebut disebabkan dari kegiatan operasi dimana darah masuk pada IPAL menyebabkan pH naik dari 7,2 menjadi 7,3-7,7 seperti diketahui pH pada darah adalah 7,5. Pada inlet jam 13.00 kandungan amoniak sangat tinggi jika dilihat dari debit yang masuk dari jam 11.00 s/d jam 13.00 sangat tinggi dan kemungkinan air masuk secara bersamaan pada *Horizontal Gravel Filter* pada jam 13.00.

Grafik 5.12 pengukuran pH dan Amoniak tanggal 30/1/2005



Pada grafik tanggal 30/1/2005 terlihat bahwa nilai amoniak di outlet lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai di inlet. Dilihat dari debit yang mengalir pada tanggal 30/1/2005 lebih tinggi. Berdasarkan perhitungan td pengambilan sampel di output tanggal 30/1/2005 adalah tanggal 31/1/2005 dimana debit tinggi yakni $0,7164 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dimana waktu detensi sekitar 1-2 hari. pH di outlet juga lebih tinggi jika dibandingkan di inlet.

Grafik 5.13 pengukuran pH dan Amoniak tanggal 4/2/2005



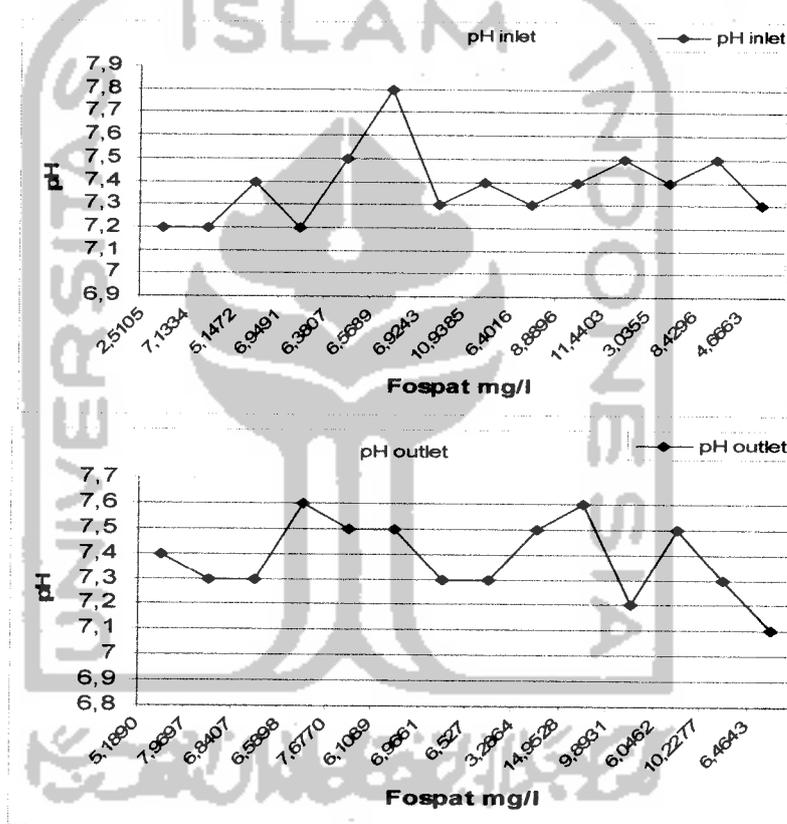
Pada grafik tanggal 4/2/2005 terlihat bahwa nilai amoniak di outlet lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai di inlet, terjadi penurunan yang signifikan. Dilihat dari debit yang mengalir sangat kecil. Berdasarkan perhitungan t_d , pengambilan sampel pada tanggal 4/2/2005 penurunan amoniak sangat signifikan dimana t_d sekitar 2-3 hari dan debit kecil. Terlihat pada nilai pH di inlet lebih tinggi daripada di outlet amoniak mengalami penurunan yang signifikan.

Ada beberapa yang dapat menyebabkan kandungan amoniak naik turun. Sampel pada inlet yang diambil belum tentu merupakan sampel air yang harus diambil pada outlet. Faktor penyerapan oleh tanaman merupakan salah satu metode penurunan konsentrasi amoniak. Untuk lebih meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur nitrogen diperlukan luas lahan yang lebih luas. Sehingga akan dapat nilai t_d yang tinggi.

5.9 Pengukuran pH dan Fosfat

Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran pH dan fosfat di *Horizontal Gravel Filter* di Rumah Sakit Panti Baktiningsih. pH yang optimal untuk berlangsungnya proses berkisar antara pH 6.5–pH 8.

Grafik 5.14 Pengukuran pH dan fosfat tanggal 24/1/2005 s/d 6/2/2005



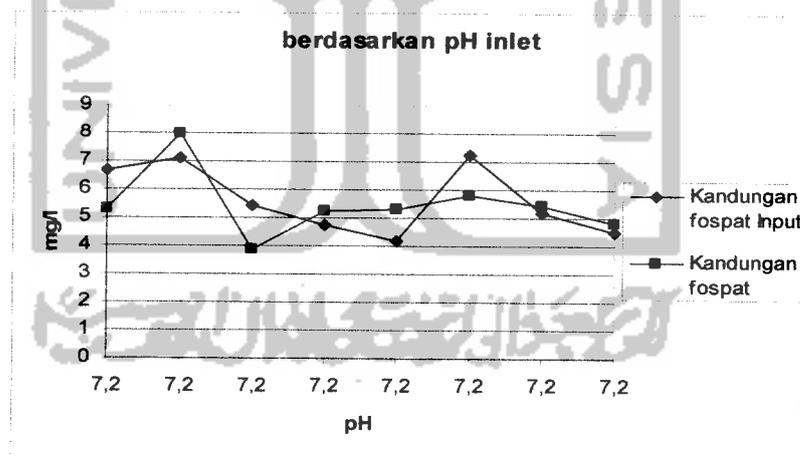
Pada grafik 5.14 pH terletak pada range 7.1–7.8. Pengukuran pH juga diperlukan untuk tanaman. Untuk jenis tanaman jenis *Typha*, pH optimal yang diperlukan adalah 4-10. Pada grafik diatas pH sesuai dengan range yang diperlukan oleh tanaman, selain itu pH masih dikatakan netral, tidak terlalu basa maupun asam, sehingga tidak perlu adanya usaha penetralan.

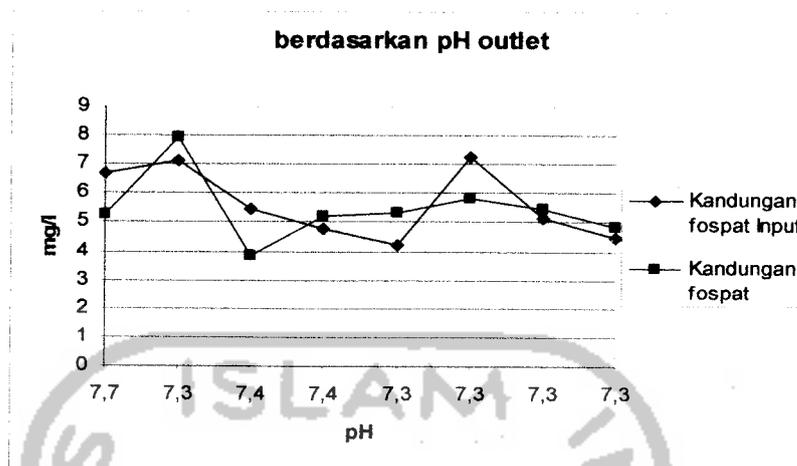
Untuk pengambilan sampel di outlet pada Inlet tanggal 3/2/2005 dan tanggal 5/2/2005 adalah tanggal 6/2/2005. Terlihat pada inlet tanggal 29/1/2005 pH tinggi dikarenakan jumlah cucian di laundry sedikit sehingga pemakaian detergen sedikit. Detergen bersifat basa sehingga semakin kecil pemakaian detergen semakin bersifat asam. Selain itu waktu pengambilan sampel pada waktu kegiatan di laundry berlangsung.

Berbeda pada pengambilan di outlet pada tanggal 6/2/2005, Jumlah cucian banyak sehingga pemakaian sabun juga banyak. Hal tersebut menyebabkan pH turun menjadi 7,2-7,3.

Pada outlet tanggal 28/1/2005 dan 30/1/2005 dimana nilai pH pada inlet dan outlet sama fospat mengalami kenaikan. pH berada pada nilai 7,3-7,5 dimana kegiatan operasi tinggi, sehingga darah yang masuk ke dalam IPAL setidaknya mempengaruhi nilai pH.

Grafik 5.15 pengukuran pH dan fospat tanggal 25/1/2005

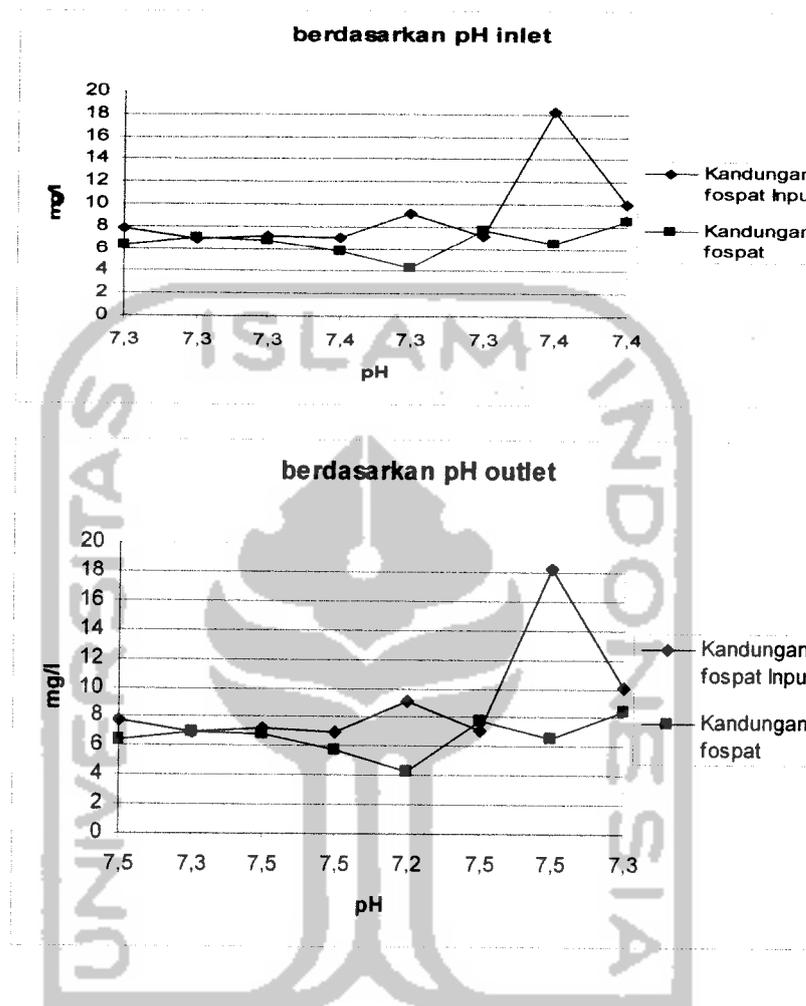




Grafik 5.15 merupakan pengukuran pH pada tanggal 25/1/2005, dilakukan mulai jam 07.00 s/d 14.00. pH di inlet cenderung konstan, namun hal yang terpenting adalah pH masih dikatakan normal untuk pertumbuhan mikroorganismenya. Selain itu pada range pH yang tepat dapat menunjang efektifitas tanaman wetlands, yaitu pada pH 4-10.

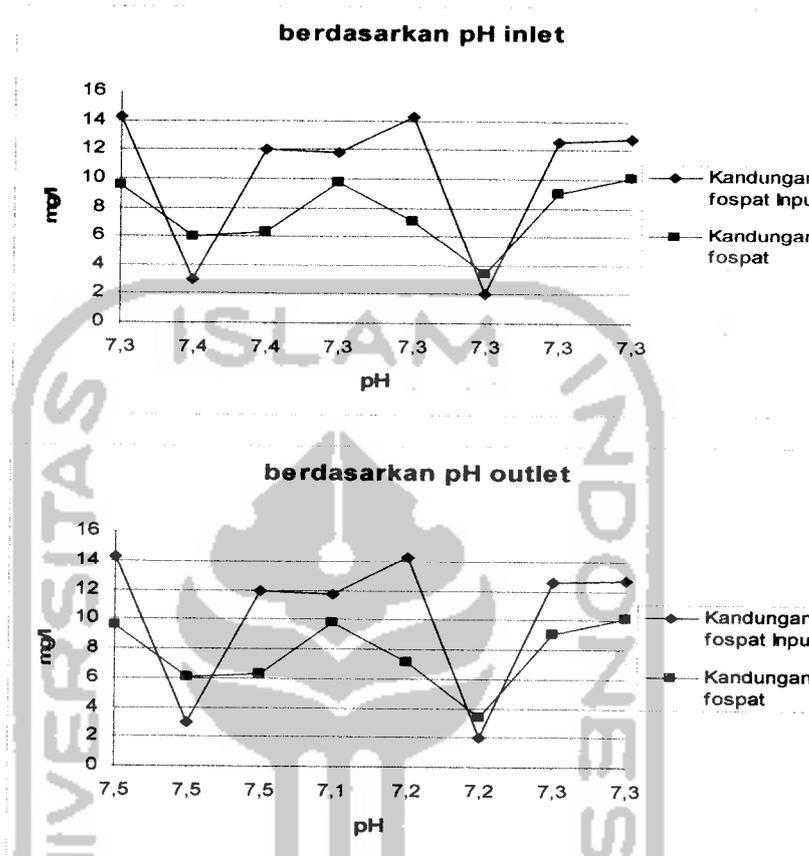
Pada pengukuran pH di outlet pada tanggal 25/1/2005 pada outlet jam 7.00, pH tinggi dibandingkan dengan pengukuran di outlet jam 8.00-14.00, dikarenakan pengukuran pH di outlet jam 7.00 diambil pada tanggal 27/1/2005 dimana jumlah cucian di laundry menurun, berbeda pada pengukuran di outlet pada jam 8.00-14.00 yang dilakukan pengambilan sampel pada tanggal 25-1-2005 dan tanggal 26/1/2005 dimana pemakaian sabun tinggi. Pada pengambilan fosfat di inlet tanggal 25/1/2005 dari jam 08.00-14.00 nilai pH konstan, namun pada outlet terjadi variasi pH, dimana pada pH 7,7 fosfat terjadi penurunan fosfat.

Grafik 5.16 pengukuran pH dan fosfat tanggal 30/1/2005



Pada pengambilan fosfat tanggal 30/1/2005, dimana nilai pH di outlet lebih besar daripada di inlet, fosfat mengalami penurunan, dikarenakan td sekitar 2 hari. Pada jam 11.00, 13.00 dan 14.00 fosfat mengalami penurunan secara signifikan, dikarenakan pengambilan pada output pada siang hari dimana pembuangan air sisa cucian sudah terbuang, sehingga kandungan fosfat kecil.

Grafik 5.17 pengukuran pH dan fosfat tanggal 4/2/2005

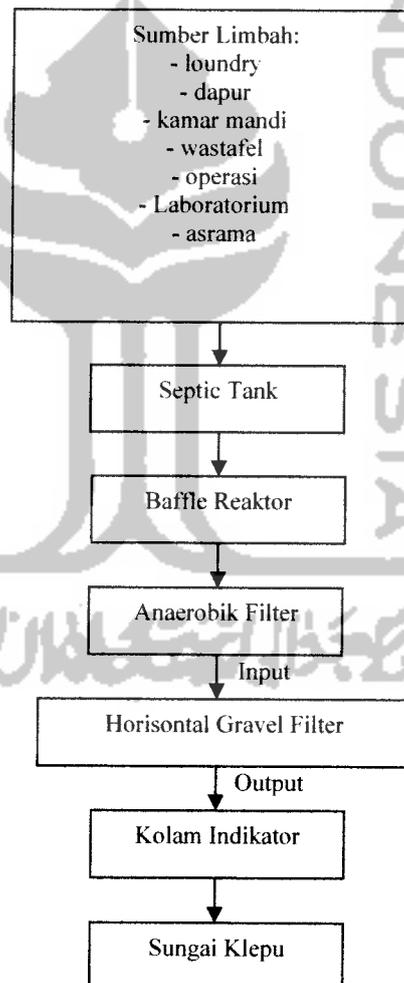


Pada pengambilan fosfat tanggal 4/2/2005, dimana nilai pH di inlet dan outlet sama, fosfat mengalami penurunan. Pada nilai pH antara 7,3 s/d 7,5 nilai amoniak sangat tinggi namun pada pH antara 7,1-7,2 nilai amoniak sangat kecil. Hal tersebut diakibatkan adanya kegiatan operasi, dimana darah menyebabkan pH tinggi, selain itu pengambilan di output mempunyai waktu detensi 2-3 hari, dimana mempunyai nilai pH yang tinggi. Kemampuan tanaman dalam menyerap kandungan fosfat menurun. Akar terlalu jenuh dan media kerikil tersumbat pasir sehingga air yang mengalir menjadi menurun. Air yang masuk pada inlet belum tentu air tersebut merupakan keluaran pada outlet.

5.10 Pembahasan

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Kep-02/MENKLH/1998, tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan dan berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah DIY Nomor 65 Tahun 1999 tentang Baku Mutu limbah cair, untuk parameter fosfat batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih 3 dari mg/l dan untuk parameter amoniak batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih 1 dari mg/l.

Alur pengolahan limbah yang ada saat ini masih beroperasi di Rumah Sakit Panti Baktiningsih berikut adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Diagram Alir IPAL RS Panti Baktiningsih

5.10.1. Analisa

1. Rata-rata inlet Amoniak = 0,285 mg/l

Rata-rata outlet Amoniak = 0,253 mg/l

$$\begin{aligned} \text{Removal Amoniak} &= \frac{0,285 - 0,253}{0,285} * 100 \% \\ &= 12,65 \% \end{aligned}$$

2. Rata-rata inlet fospat = 6,815 mg/l

Rata-rata outlet fospat = 7,481 mg/l

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan fospat} &= \frac{6,815 - 7,481}{6,815} * 100 \% \\ &= +9,77 \% \end{aligned}$$

Menurut teori yang ada bahwa Sub Surface Wetlands mampu menurunkan amoniak sebesar 20-70 % dengan waktu detensi 6-7 hari. Namun jika diaplikasikan bersama proses lain seperti proses nitrifikasi, extended aeration, overland flow, resirkulasi sand filter dan dilanjutkan proses denitrifikasi adalah adanya penambahan hari untuk proses di dalamnya adalah sebanyak 2-4 hari. Jadi total waktu detensi adalah 8-9 hari. Namun dalam kondisi sekarang waktu detensi sebesar 1-3 hari dengan penurunan 12,65 %. Sedangkan untuk penurunan fospat adalah sebesar 10-40 % dengan waktu detensi 5-10 hari. Namun untuk kondisi sekarang fospat mengalami kenaikan 9,77 % dengan detensi waktu 1-3 hari.

3. Nilai porositas

Tabel 5.9 karakteristik tipe medium untuk *Sub Surface Wetlands*

Medium type	Effective Size d ₁₀ ,mm	Outlet Porosity η	Hydraulic Conductivity, ft/d
Medium sand	1	0.30	1640
Coarse sand	2	0.32	3280
Gravelly sand	8	0.35	16400
Medium gravel	32	0.40	32800
Coarse gravel	128	0.45	328000

Contoh perhitungan menentukan nilai porosity

Diameter = 25,4 mm

Diameter 25,4 mm terletak diantara diameter 8 dan 32 (lihat Tabel 5.9)

Maka :

$$\frac{32 - 8}{32 - 25,4} = \frac{0,40 - 0,35}{0,40 - x}$$

$$\frac{24}{6,6} = \frac{0,05}{0,40 - x}$$

$$9,6 - 24x = 0,33$$

$$24x = 9,27$$

$$x = 0,385$$

Perhitungan di atas dilakukan di ulang kembali sampai diameter 2,38 mm. Selanjutnya setelah porositas di dapat , maka porositas dikalikan dengan persentase dari berat gravel (contoh Tabel 5.1)

$$\begin{aligned} \text{Porositas sampel 1} &= (0,385 * 22,85\%) + (0,373 * 27\%) + (0,359 * 30,33\%) + \\ &\quad (0,353 * 8,19\%) + (0,323 * 10,87\%) + (0,303 * 0,76\%) \\ &= 36,4\% \\ &= 0,364 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan di ulang kembali sampai sampel 7, untuk mendapat nilai rata-rata porositas.

5.10.2. Faktor–faktor yang berpengaruh tidak efektifnya Sub Surface Wetlands

1. Waktu detensi

Kriteria desain untuk meremoval amoniak pada *Sub Surface Wetlands* adalah 6-10 hari. Berdasarkan hasil perhitungan di lapangan waktu detensi adalah sebesar 1-3 hari. Waktu detensi sangat berpengaruh pada penurunan amoniak, semakin besar waktu detensi maka nilai kandungan amoniak kecil. Sehingga berdampak pada luasan Sub surface wetlands.

2. Kebutuhan area permukaan

Luas area yang sekarang digunakan adalah 74, 556 m² dengan tinggi 0,4 m. Berdasarkan teori semakin luas, luasan permukaan pada *Sub Surface Wetlands*, maka penurunan amoniak dan fospat semakin besar.

Diasumsikan waktu detensi = 6 hari. Tinggi = 0,4 m

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{Q \cdot t_d}{\eta \cdot d_w} \\ &= \frac{0,357 \cdot 6 \cdot 24}{0,368 \cdot 0,4} \\ &= 349,239 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas area yang diperlukan agar terjadi penurunan amoniak dan fospat yang diinginkan adalah sekitar 349,239 m²

3. Karakteristik media

Diameter media gravel mempengaruhi penurunan fospat. Hasil riset menyatakan bahwa pada *Sub Surface Wetlands* dengan menggunakan material jenis medium gravel (32mm) dapat menurunkan fospat dan amoniak. Dalam kondisi sekarang material yang digunakan sebesar 2,38-25,4 mm, sehingga dapat menyebabkan penyumbatan.

4. Umur material

Dari hasil pengamatan di lapangan menerangkan bahwa Pada bulan 1-4, fospat turun 80 %; pada bulan 5-8, fospat turun 50 % dan Pada bulan > 8, fospat turun 10-40 % (Pranoto, 2001). Pada kondisi sekarang material yang digunakan belum mengalami pergantian selama 1,5 tahun.

5. Loading rate

Muatan bahan organik secara berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan substrat, karena terbentuk lapisan lendir anaerobik. Steiner et al. (1993) menyarankan agar menggunakan loading organik sebesar 4 m²/kg/hari. Pada kondisi sekarang Loading rate untuk amoniak dan fospat adalah :

$$\begin{aligned} \text{Loading rate amoniak} &= \frac{Q \cdot \text{Cin}}{\text{Luasan}} \\ &= \frac{0,357 \text{ m}^3/\text{jam} \cdot 24 \cdot 0,285 \text{ mg/l} \cdot 1/1000 \text{ kg/m}^3}{74,556 \text{ m}^2} \\ &= 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Loading rate amoniak} &= \frac{Q \cdot \text{Cin}}{\text{Luasan}} \\ &= \frac{0,357 \text{ m}^3/\text{jam} \cdot 24 \cdot 6,815 \text{ mg/l} \cdot 1/1000 \text{ kg/m}^3}{74,556 \text{ m}^2} \\ &= 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Loading rate bukan merupakan faktor tidak bekerjanya Sub Surface Wetlands, karena loading rate per hari sangat kecil.

6. Ketinggian air

Steiner et al. (1993) merekomendasikan ketinggian air sekitar 30 cm = 0,3m. Sel yang dangkal dipercaya memiliki aerasi limbah yang lebih baik daripada sel yang dalam. Selain itu, akar akan lebih banyak berada di bagian atas media dimana oksigen tersedia lebih banyak. Pengontrolan ketinggian air juga diperlukan untuk menumbuhkan tanaman dan menghindari air diam. Berdasarkan teori ketinggian air adalah 0,45-0,75 m. Ketinggian air pada saat ini adalah 0,4. Jika dikaitkan dengan jenis tanaman yang digunakan yakni *Cattails (Typha)* mempunyai panjang akar 0,15 m-0,3 m. Sehingga ketinggian air dalam kondisi sekarang harus dinaikkan menjadi 0,3 m, berbeda dengan teori yang ada, apabila ketinggian air adalah 0,45-0,75 m, maka pergantian tanaman perlu dilakukan yakni dengan jenis tanaman *bulrush (Scirpus, spp)* yang mempunyai panjang akar 0,6-0,9 m.

7. Pemilihan jenis tanaman

Jenis tanaman untuk *Sub Surface Wetlands* berupa *bulrush (Scirpus, spp)*, *reeds (Pharagmites australis)* dan beberapa jenis tanaman jenis *Cattails (Typha)*.

Ketiga jenis tanaman ini sangat efektif dalam menurunkan amoniak dan fosfat. Untuk jenis tanaman *bulrush* (*Scirpus, spp*) mampu menurunkan amoniak sebesar 75,11 % dan fosfat sebesar 51,55 % (Tridech, dkk, 1981) , *Reed* (*Pharagmites australis*) kemampuan menyerap unsur N sebesar 2500 kg/hektar/tahun dan unsur P sebesar 120 kg/hektar/tahun sedangkan *Cattails* (*Typha*) kemampuan menyerap unsur N sebesar 1000 kg/hektar/tahun dan unsur P sebesar 180 kg/hektar/tahun. Dalam kondisi pada saat ini di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jenis tanaman yang digunakan adalah *Typha*, *Cyperus papyrus* dan *Canna*.

8. Umur tanaman

Tanaman seharusnya 6 bulan sekali harus mengalami pergantian. Akar jenuh menyebabkan tidak efektifnya tanaman. Dalam kondisi sekarang belum adanya pergantian tanaman sejak 1,5 tahun.

9. Ketinggian tanaman

Ketinggian tanaman dalam keadaan biasa menggunakan jenis tanaman dengan tinggi 3 ft (1m) untuk tanaman cattail, 1,5 ft (0,5m) untuk tanaman jenis bulrush (Reed et al, 1995). Dalam kondisi sekarang tinggi tanaman cattail melebihi 1m.

5.11 Rekomendasi

5.11.1 Rekomendasi I

Rekomendasi I didasarkan pada memperluas luas permukaan *Horizontal Gravel Filter*, sehingga didapat waktu detensi yang lebih lama. Dimana dengan waktu detensi yang lebih lama diharapkan kemampuan mikroorganisme dan penyerapan tanaman akan lebih efektif menurunkan amoniak dan fosfat. Seperti diketahui bahwa ukuran media gravel merupakan hal yang terpenting dalam menurunkan fosfat sehingga dipilih ukuran media yang tepat sehingga mampu menurunkan kandungan fosfat.

Disini perlu memperhatikan waktu pencucian media atau pergantian media gravel, sehingga penurunan fosfat yang diinginkan dapat tercapai selain itu juga memperdalam bak *Horizontal Gravel Filter*, untuk mendukung pertumbuhan akar pada tanaman jenis tertentu.

Tabel 5.10 Rekomendasi I

Hal-hal yang dicermati	Keuntungan	Kelemahan
Memperluas luas permukaan	<ul style="list-style-type: none"> -Penurunan amoniak dan fosfat yang signifikan -Waktu detensi 6-7 hari dapat meremoval amoniak sebesar 20-70 % Rata-rata inlet Amoniak= 0,285 mg/l removal 70%=0,0855 mg/l -Waktu detensi 5-10 hari dapat meremoval fosfat sebesar 10-40 % Rata-rata inlet fosfat = 6,815 mg/l removal 40% = 4,089 mg/l 	<ul style="list-style-type: none"> - memerlukan lahan tanah yang luas.
Merekomendasikan material yang digunakan adalah medium gravel berukuran 32 mm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemanfaatan gravel filter lebih banyak jumlahnya jika dibandingkan dengan penggunaan coarse gravel pada luasan wetlands yang sama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan waktu yang lama dalam proses memilah gravel dengan ukuran yang tepat.

	<p>2. Dengan menggunakan medium gravel, lebih mendukung pertumbuhan tanaman karena rongga kosong lebih kecil.</p> <p>3. Medium gravel dapat memperlambat aliran air sehingga waktu detensi lebih tinggi.</p> <p>4. Penyumbatan aliran oleh pasir dapat dihindari.</p>	
Waktu pencucian	Pada bulan 1-4, fosfat turun 80 %; pada bulan 5-8, fosfat turun 50 % dan pada bulan > 8, fosfat turun 10-40 %. (Pranoto, 2001).	- Harga pemeliharaan tinggi.
Mengganti jenis tanaman dengan <i>bulrush (Scirpus,spp)</i> , <i>reeds (Pharagmites australis)</i> dan beberapa jenis tanaman jenis <i>Cattails (Typha)</i> .	<p>- Untuk jenis tanaman <i>bulrush (Scirpus,spp)</i> mampu menurunkan amoniak sebesar 75,11 % dan fosfat sebesar 51,55 % (Tridech,dkk, 1981) ,</p> <p>- <i>Reed (Pharagmites australis)</i> kemampuan menyerap unsur N sebesar 2500 kg/hektar/tahun dan unsur P sebesar 120 kg/hektar/tahun</p>	<p>- Harga tanaman mahal. <i>bulrush (Scirpus,spp)</i> <i>Reed (Pharagmites australis)</i></p> <p>- Tidak tersedianya tanaman secara lokal.</p>

	<p><i>Cattails (Typha)</i> kemampuan menyerap unsur N sebesar 1000 kg/hektar/tahun dan unsur P sebesar 180 kg/hektar/tahun.</p>	
Kedalaman HGF	<p>Ketinggian media adalah 0,6 m. Semakin banyak dan dalam jaringan akar yang berada dalam HGF, semakin luas zona rizosfer yang tercipta, sehingga kemampuan HGF untuk mendukung mikroorganisme semakin meningkat. Dimana tanaman yang digunakan adalah jenis <i>bulrush (Scirpus, spp)</i> dimana panjang akar adalah 0,6-0,9.</p>	<p>- Hanya menggunakan tanaman jenis tertentu seperti <i>bulrush (Scirpus, spp)</i></p>

5.11.2 Rekomendasi II

Rekomendasi II didasarkan pada pemanfaatan mikroorganisme pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi pada *Horizontal Gravel Filter* untuk menurunkan amoniak. Selain itu penambahan bak pencampur alum, dimana alum ditambahkan pada bak tersebut. Penambahan alum dimaksudkan untuk menurunkan fospat.

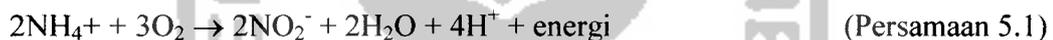
5.11.2.1 Proses nitrifikasi (menurunkan amoniak)

Proses nitrifikasi terjadi pada inlet *Horizontal Gravel Filter*, dimana pada *Horizontal Filter* diciptakan kondisi aerobik yakni dengan tambahan aeration pada pipa di bawah permukaan untuk menyediakan oksigen pada bagian penting pada jalur aliran sehingga oksigen yang disediakan dapat digunakan untuk nitrifikasi bakteri dan penutup *Horizontal Filter* yang terbuat dari beton dibuka.

Nitrifikasi adalah proses dengan mana NH_3 ditransformasi menjadi NO_2 dan akhirnya menjadi NO_3 . Proses ini terjadi hanya di bawah kondisi erobik.

Siklus Nutrient

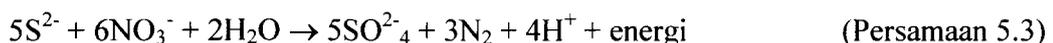
Organisme yang umumnya menjalankan transformasi adalah Nitrosomonas dan Nitrobacter. Meski proses-proses ini energi yang menghasilkan, seperti ditampakan di atas, namun hasilnya agak rendah dibandingkan dengan transformasi-transformasi lain di dalam siklus (Delwiche, 1970). Reaksi-reaksi di dalam nitrifikasi adalah:



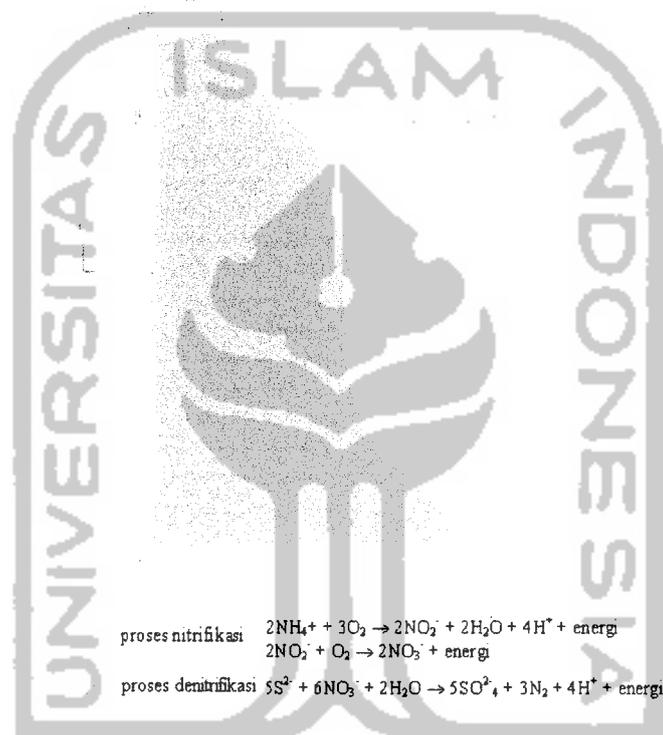
Sistem pengolahan aerobik dimanfaatkan sebagai pencegah timbulnya masalah bau selama pengolahan limbah agar memenuhi persyaratan outlet dan untuk stabilisasi limbah sebelum dialirkan ke dalam badan air.

5.11.2.2 Proses denitrifikasi (menurunkan amoniak)

Proses denitrifikasi terjadi pada media tengah *Horizontal Gravel Filter*. Proses ini terjadi hanya dengan tidak adanya, atau hampir tidak adanya, oksigen. Organisme yang umum berdenitrifikasi adalah *Thiobacillus denitrificans* yang chemolithotroph dan reaksi yang dihubungkannya adalah:



Bakteri lain yang digunakan digunakan dalam proses denitrifikasi adalah bakteri prebiotik berupa *Bacillus subtilis* dan *B. megaterium* mampu menurunkan amoniak hingga 5,4 mg/l. (Mitsch dan Gosselink,1993 ;Watson, 1989 ; Reed, 1995 ; Moriarty, 1998 ; Queiroz dan Boyd ,1998 ; Chen dan Che,2001)



Gambar 5.4 Proses nitrifikasi dan denitrifikasi pada *Horizontal Gravel Filter*

5.11.2.3 Penambahan alum 0,5 g/l (menurunkan fosfat)

- Fosfat turun 70-90%
- Alum/tawas sudah banyak di kenal masyarakat dan mudah di dapat di toko kimia
- Harga terjangkau
- Produksi sludge (lumpur) hanya sedikit
- pH turun dari 7.02 menjadi 6.40 (Pranoto, 2001)

5.11.2.4 Aerasi (menurunkan amoniak)

- Aerasi yang digunakan adalah tipe kombinasi air mancur payung vertikal (3:1)
- Aerasi tipe kombinasi air mancur payung vertikal (3:1) bisa mengembalikan pH ke 7,5 (Pranoto, 2001). Seperti diketahui aktor utama dalam *Horizontal Gravel Filter* adalah mikroorganisme yang dapat hidup pada pH 6,5-8,5.

