



## Pengolahan limbah domestik dengan aerasi dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida*

### *Domestic wastewater treatment with aeration and addition of Pseudomonas putida bacteria*

MUHAMMAD EKO WIBOWO ROMAYANTO, WIRYANTO<sup>♥</sup>,  
SAJIDAN

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.  
Ps. Ilmu Lingkungan PPS Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Diterima: 3 Januari 2006. Disetujui: 22 Maret 2006.

#### ABSTRACT

The research was conducted to recognize the quality of domestic wastewater in the Kedung Tungkul Domestic Wastewater Installation Processor (Kedung Tungkul DWIP) and to recognize the effect of aeration and *Pseudomonas putida* addition. The analysis of this research based on the enhancement of wastewater quality by using the indicator of pH, BOD, TSS, oil and fat judged against the quality standard of domestic wastewater according to The Resolution of The Ministry of State of Environment Affairs by means of License Number 112 in the year of 2003. In conducting the research, the value of pH, TSS, BOD, oil and fat analyzed from the influent and effluent of Kedung Tungkul DWIP. Then the influent of Kedung Tungkul DWIP was treated in laboratory by aeration and *Pseudomonas putida* addition. The aims of the treatment were to improve the quality of domestic wastewater than accomplished to the standard quality. Each parameter was analyzed by using T test to recognize the difference of influent and effluent in the Kedung Tungkul DWIP, two ways Analysis of Varian (ANOVA) and Duncan Multiple Range Test (DMRT) to recognize the best treatment in the laboratory. Then, the data was matched up to the quality standard of domestic wastewater according to The Resolution of the Ministry of State of Environment Affairs. The results of the research showed that the influent and effluent of Kedung Tungkul DWIP have no differences on the value of pH and TSS. For the meantime there were differences between the values of BOD, oil, and fat. Compared to the quality standard of domestic wastewater, the values of pH (17,33% increase) and BOD (71,48% decrease) have accomplished the standard quality while the value of TSS (22,09% decrease), oil and fat (45,99% decrease) have not accomplished yet. The result of value measurement of the treatment in laboratory showed that there was no difference on the value of pH and has accomplished the standard quality for all treatment, temporarily there were differences on the values of BOD, TSS, oil and fat. For BOD, oil and fat parameter, the best treatment was on A Bioreactor (aerated by 2 l/minute oxygen about 216 hours with 10<sup>10</sup> cell/ml *Pseudomonas putida* bacteria addition about 1000 ml in 10 l domestic wastewater) reached 89,19% decrease for BOD and 93,18% for oil and fat. For TSS parameter, the best treatment was on B Bioreactor (aerated by 2 l/minute oxygen about 216 hours with 10<sup>10</sup> cell/ml *Pseudomonas putida* bacteria addition about 500 ml in 10 l domestic wastewater) reached 90,77% decrease. Compared to the quality standard of domestic wastewater, the values of pH, BOD, and TSS have accomplished the standard quality, while the values of oil and fat have not accomplished yet.

---

<sup>♥</sup> Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126  
Tel. & Fax.: +62-271-663375.  
e-mail: biology@mipa.uns.ac.id

**Keywords:** domestic wastewater, aeration, *Pseudomonas putida*, standard quality, pH, BOD, TSS, oil, fat.

## PENDAHULUAN

Limbah domestik merupakan limbah yang dihasilkan paling banyak tiap hari oleh berbagai aktivitas rumah tangga, oleh karena itu permasalahan ini tidak dapat diabaikan. Limbah domestik memerlukan penanganan yang serius. Mikroorganisme secara alami mampu mendegradasi bahan-bahan organik yang ada pada limbah domestik sehingga dapat meningkatkan kualitas limbah domestik. Sebagai alternatif pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan mikroorganisme, dilakukanlah penelitian ini, yaitu dengan menambahkan bakteri *Pseudomonas putida* pada limbah domestik, untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri, limbah domestik disuplai oksigen dengan aerator, karena *Pseudomonas putida* termasuk bakteri aerob. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas limbah IPAL Kedung Tungkul serta untuk mengetahui pengaruh aerasi dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* dalam pengolahan limbah domestik dengan indikator pH, BOD, TSS, minyak dan lemak berdasarkan baku mutu air limbah domestik menurut Kep. Men. Neg. Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003.

## BAHAN DAN METODE

### *Waktu dan Tempat*

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2005 hingga November 2005. Penelitian dilakukan di lapangan (IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo) dan di laboratorium (UPT Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta Sub Lab Biologi dan Sub Lab Kimia).

### *Bahan dan Alat*

Bahan utama penelitian ini adalah limbah domestik IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo dan bakteri *Pseudomonas putida* dengan bahan-bahan pendukung untuk medium bakteri serta menganalisa pH, BOD, TSS, minyak dan lemak. Alat-alat yang digunakan selama penelitian adalah seperangkat alat penyiapan bakteri, seperangkat alat bioreaktor, *LoFlow*, seperangkat alat pengambilan sampel, seperangkat alat pengukur pH, seperangkat alat pengukur BOD, seperangkat alat pengukur TSS serta seperangkat alat pengukur kadar minyak dan lemak.

### *Cara Kerja*

Penyiapan bakteri *Pseudomonas putida* dengan jumlah  $\pm 10^{10}$  se/ml sebanyak 1000 ml (A) dan 500 ml (B).

Pembuatan 2 bioreaktor (A dan B) dengan kekuatan aerasi 2 l/menit dan 1 bioreaktor tanpa aerasi sebagai kontrol (C).

Pengambilan sampel *influent* dan *effluent* IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo untuk pengukuran kualitas air limbah untuk diukur pH, BOD, TSS, minyak dan lemak di laboratorium, sampel diambil selama 6 hari dan diukur secara duplo (2 ulangan untuk setiap parameter).

Pengambilan sampel *influent* untuk eksperimen / perlakuan.

Perlakuan terhadap sampel *influent* dengan waktu aerasi 0, 8, 16, 24, 48, 72, 144, 216 jam untuk Bioreaktor A dan B, dengan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* 1000 ml untuk Bioreaktor A, 500 ml untuk Bioreaktor B, dan 0 ml untuk Kontrol C.

Pengukuran Parameter pH, BOD, TSS, minyak dan lemak hasil perlakuan pada Bioreaktor A, Bioreaktor B dan Kontrol C dilakukan pada jam ke-0, 8, 16, 24, 48, 72, 144 dan 216 diukur secara duplo (2 ulangan untuk setiap parameter).

### *Analisis Data*

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan dua ulangan. Analisis kualitas air dalam penelitian ini dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah domestik (Kep. Men. Neg. LH Nomor 112 tahun 2003). Analisis statistik yang digunakan adalah *T test* untuk mengetahui perbedaan antara *influent* dan *effluent* IPAL Kedung Tungkul, Analisis Varian (ANOVA) 2 arah dan *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perlakuan yang paling signifikan terhadap perbaikan kualitas limbah domestik IPAL Kedung Tungkul. Analisis statistik menggunakan program SPSS 11.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kualitas Air Limbah IPAL Kedung Tungkul*

Analisis data hasil pengukuran parameter air limbah domestik pada *influent* dan *effluent* IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo dapat disajikan pada tabel 1.

Berdasarkan data pada tabel di atas, parameter yang memenuhi baku mutu adalah pH dan BOD, untuk TSS serta minyak dan lemak tidak memenuhi baku mutu. Dan hasil *T test* pada parameter pH, BOD, TSS, minyak dan lemak kaitannya dengan peran IPAL Kedung Tungkul dalam upaya memperbaiki kualitas air limbah menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk parameter BOD serta minyak

**Tabel 1.** Analisis hasil pemeriksaan parameter air limbah domestik pada *influent* dan *effluent* IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo

No	Waktu	Sampel	Nilai Parameter			
			pH	BOD(mg/l)	TSS(mg/l)	ML(mg/l)
Rata-rata		<i>Influent</i>	7,328	136,930	558,33	376,50
		<i>Effluent</i>	8,640	39,050	435,00	203,33
Persentase perubahan (%)			17,87	71,48	22,09	45,99
Hasil <i>T test</i>			Tidak beda nyata	Beda nyata	Tidak beda nyata	Beda nyata
Baku Mutu			Memenuhi	Memenuhi	Tidak memenuhi	Tidak memenuhi
Baku Mutu Air Limbah Domestik (KepMenNegLH Nomor 112 Tahun 2003)			6-9	100 mg/l	100 mg/l	10 mg/l

dan lemak sedangkan untuk pH dan TSS tidak ada perbedaan yang signifikan antara *influent* dan *effluent*. Meskipun terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter minyak dan lemak akan tetapi hasilnya belum memenuhi baku mutu, sebaliknya pada pH meskipun tidak ada perbedaan yang signifikan akan tetapi sudah memenuhi baku mutu. Hasil ini menunjukkan bahwa IPAL Kedung Tungkul mempunyai peran dalam perbaikan BOD dan tidak berperan dalam perubahan pH, TSS serta minyak dan lemak.

Perubahan pH (pH turun) terjadi pada saat pengolahan air limbah domestik baik aerobik maupun anaerobik yang menghasilkan asam-asam seperti  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (proses aerobik) maupun  $\text{H}_2\text{S}$  (proses anaerobik), namun karena adanya sisa bahan pembersih dalam air limbah domestik seperti deterjen, sabun, sampo dan bahan pembersih lainnya yang bersifat alkalis menjadikan air limbah domestik dengan pH dibawah 7 menjadi dalam keadaan netral kembali, bahkan naik mencapai pH lebih dari 8 karena adanya bahan-bahan yang bersifat basa, tetapi kenaikan tersebut masih dibawah 9, karena disisi lain bakteri-bakteri aerobik dalam proses degradasi menghasilkan asam organik. Bahan organik atau substrat (unsur C, H, O, N, S, P) dalam proses aerobik menghasilkan asam-asam  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sedangkan dalam proses anaerobik terjadi proses fermentasi yang menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta  $\text{H}_2\text{S}$ .

Perubahan BOD (BOD turun) terjadi karena proses dekomposisi bahan organik (substrat) yang terkandung dalam air limbah domestik berlangsung secara terus menerus baik proses aerobik maupun anaerobik. Adanya kolam aerasi turut berperan dalam memenuhi oksigen terlarut pada IPAL sehingga dapat mengurangi BOD.

Proses dekomposisi secara aerobik terus berlangsung sepanjang kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) masih ada dalam air limbah hingga mencapai nol yang mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati. Selanjutnya proses dekomposisi diambil alih tugasnya dengan proses anaerobik. Proses dekomposisi anaerobik berlangsung sebagai kelanjutan proses aerobik untuk mendekomposisikan bahan organik yang masih ada dalam air limbah domestik dengan bantuan mikroorganisme anaerobik.

Perubahan TSS (TSS turun) antara *influent* dan *effluent* IPAL Kedung Tungkul tidak signifikan, hal ini terjadi karena dalam air limbah domestik di lokasi penelitian sangat sedikit padatan yang dapat mengendap secara gravitasi, sedikitnya padatan yang mengendap secara gravitasi bukan dikarenakan oleh waktu yang pengolahan limbah pada IPAL Kedung Tungkul selama 9 hari tidak cukup, namun lebih disebabkan oleh sifat padatan yang terkandung dalam air limbah domestik tidak dapat mengendap secara gravitasi meskipun waktu yang dibutuhkan untuk proses pengendapan cukup tersedia dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengendapan secara gravitasi yaitu 1 jam. Menurut Karno (2004) dan Fardiaz (1992) waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan TSS secara gravitasi cukup 1 jam.

Perubahan ML (ML turun) yang signifikan tetapi belum memenuhi baku mutu dimungkinkan terjadi karena sifat minyak dan lemak yang membutuhkan waktu cukup lama untuk dapat didekomposisi oleh mikroorganisme. Penurunan kadar minyak dan lemak pada *effluent* terjadi karena pemanfaatan minyak dan lemak sebagai substrat oleh bakteri aerobik dan juga dimungkinkan karena proses

fermentasi air limbah domestik pada IPAL dengan memanfaatkan mikrobia anaerob yang mampu menghasilkan enzim lipase yang dapat berperan menurunkan kadar minyak dan lemak (Cordova, 2000).

#### *Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri Pseudomonas putida*

Hasil pengukuran parameter-parameter pH, BOD, TSS, Minyak dan Lemak secara duplo dan setelah dirata-rata dapat disajikan pada tabel 2.

#### **Pengaruh perlakuan terhadap parameter pH**

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk parameter pH dalam eksperimen untuk semua variasi dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik. Pada Bioreaktor A, seluruh perlakuan menunjukkan kadar pH

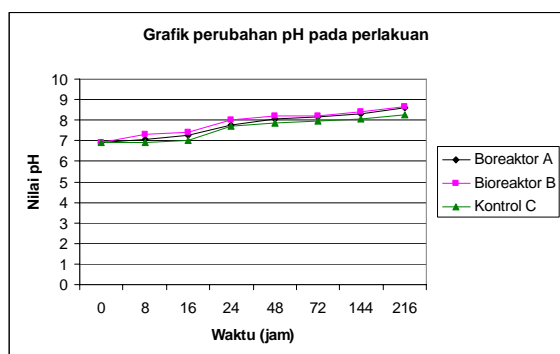
masih memenuhi baku mutu meskipun terjadi kenaikan hingga 24,40% pada jam ke-216. Pada Bioreaktor B, seluruh perlakuan menunjukkan kadar pH masih memenuhi baku mutu meskipun terjadi kenaikan hingga 24,77% pada jam ke-216. Pada Kontrol C, seluruh perlakuan menunjukkan kadar pH masih memenuhi baku mutu meskipun terjadi kenaikan hingga 19,57% pada jam ke-216.

Berdasarkan analisis statistik ANOVA dua arah dengan taraf signifikansi 5% dihasilkan bahwa penambahan bakteri dan lama waktu aerasi berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter pH, sedangkan kombinasi antara penambahan bakteri dan lama aerasi tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter pH.

**Tabel 2.** Analisis hasil pemeriksaan parameter-parameter air limbah domestik pada perlakuan dengan berbagai waktu variasi aerasi dan jumlah bakteri.

Nilai Parameter Variasi (jml Pp-waktu Aerasi)	pH	BOD(mg/l)	TSS(mg/l)	ML(mg/l)	
Bioreaktor A (10%)	P <sub>10</sub> T <sub>0</sub>	6,925 <sup>a</sup>	174,250 <sup>cdef</sup>	650 <sup>gh</sup>	880 <sup>f</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>8</sub>	7,040 <sup>a</sup>	231,160 <sup>ef</sup>	1010 <sup>i</sup>	490 <sup>de</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>16</sub>	7,250 <sup>ab</sup>	214,025 <sup>ef</sup>	750 <sup>hi</sup>	400 <sup>cd</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>24</sub>	7,785 <sup>de</sup>	206,815 <sup>ef</sup>	570 <sup>efg</sup>	340 <sup>c</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>48</sub>	8,050 <sup>defgh</sup>	191,430 <sup>def</sup>	480 <sup>ef</sup>	180 <sup>ab</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>72</sub>	8,165 <sup>efgh</sup>	77,650 <sup>ab</sup>	170 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>144</sub>	8,305 <sup>ghi</sup>	67,210 <sup>ab</sup>	110 <sup>a</sup>	140 <sup>a</sup>
	P <sub>10</sub> T <sub>216</sub>	8,615 <sup>i</sup>	18,830 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>
Persentase perubahan (%)	24,77	86,09	90,77	92,05	
Bioreaktor B (5%)	P <sub>5</sub> T <sub>0</sub>	6,925 <sup>a</sup>	174,250 <sup>cdef</sup>	650 <sup>gh</sup>	880 <sup>f</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>8</sub>	7,305 <sup>ab</sup>	234,660 <sup>ef</sup>	750 <sup>hi</sup>	710 <sup>e</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>16</sub>	7,415 <sup>bc</sup>	128,650 <sup>bcd</sup>	620 <sup>fgh</sup>	710 <sup>e</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>24</sub>	7,995 <sup>defg</sup>	114,810 <sup>bc</sup>	520 <sup>efg</sup>	430 <sup>cd</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>48</sub>	8,195 <sup>fgh</sup>	105,425 <sup>bc</sup>	330 <sup>cd</sup>	340 <sup>c</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>72</sub>	8,225 <sup>fgh</sup>	68,400 <sup>ab</sup>	160 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>144</sub>	8,400 <sup>hi</sup>	24,450 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	110 <sup>a</sup>
	P <sub>5</sub> T <sub>216</sub>	8,640 <sup>i</sup>	24,230 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>
Persentase perubahan (%)	24,77	86,09	90,77	92,05	
Kontrol C (0%)	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-0)	6,925 <sup>a</sup>	174,250 <sup>cdef</sup>	650 <sup>gh</sup>	880 <sup>f</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-8)	6,915 <sup>a</sup>	160,100 <sup>cde</sup>	830 <sup>i</sup>	530 <sup>d</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-16)	7,020 <sup>a</sup>	122,825 <sup>bcd</sup>	630 <sup>gh</sup>	330 <sup>c</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-24)	7,690 <sup>cd</sup>	82,660 <sup>ab</sup>	510 <sup>efg</sup>	310 <sup>bc</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-48)	7,880 <sup>def</sup>	76,000 <sup>ab</sup>	430 <sup>de</sup>	170 <sup>a</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-72)	7,985 <sup>defg</sup>	69,830 <sup>ab</sup>	430 <sup>de</sup>	130 <sup>a</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-144)	8,070 <sup>defgh</sup>	69,650 <sup>ab</sup>	230 <sup>bc</sup>	120 <sup>a</sup>
	P <sub>0</sub> T <sub>0</sub> (jam ke-216)	8,280 <sup>ghi</sup>	60,250 <sup>ab</sup>	180 <sup>ab</sup>	110 <sup>a</sup>
	Persentase perubahan (%)	19,57	65,42	72,31	87,50
Baku Mutu	6-9	100 mg/l	100 mg/l	10 mg/l	

Keterangan : Bioreaktor A = *Pseudomonas putida* dalam 1 l medium NB (10<sup>10</sup> sel/ml); Bioreaktor B = *Pseudomonas putida* dalam 1/2 l medium NB (10<sup>10</sup> sel/ml); Kontrol C = tanpa penambahan *Pseudomonas putida*; <sup>a,b,c,d,e,f,g,h,i,j</sup> : rerata diikuti superkrip yang berbeda menunjukkan berbeda sangat nyata ( $\alpha = 0,05$ ) pada DMRT



Gambar 1. Grafik perubahan pH pada perlakuan

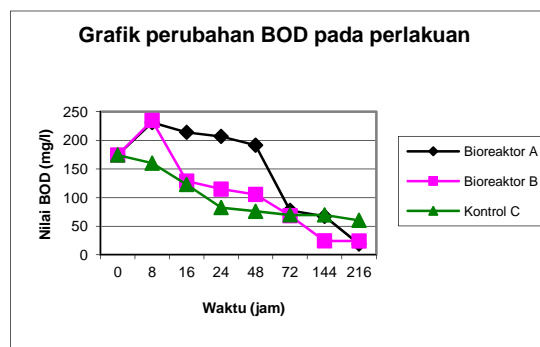
Gambar 1. menunjukkan peningkatan pH dari waktu ke waktu, kenaikan kadar pH dapat terjadi karena proses peruraian bahan organik yang terkandung dalam limbah oleh bakteri menghasilkan gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), air dan amoniak ( $\text{NH}_3$ ) akan tetapi kenaikan pH limbah masih dapat dikendalikan oleh aktivitas bakteri. Menurut Pramudya (2001) organisme yang merombak bahan organik akan menyesuaikan diri pada kisaran pH 6,5-8,3. Ewies, *et.al.* (1998) menambahkan bahwa pertumbuhan hampir semua mikroorganisme sangat tinggi pada pH antara 6-8 dan hampir semua bakteri menyukai kondisi netral, karena kondisi asam yang kuat atau alkali dapat menghambat aktivitas mikroorganisme.

#### Pengaruh perlakuan terhadap parameter BOD

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk parameter BOD pada perlakuan, yang dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik adalah Bioreaktor A pada jam ke-72, 144 dan 216, Bioreaktor B pada jam ke-72, 144 dan 216 dan Kontrol C pada jam ke 24, 48, 72, 144 dan 216.

Pada Bioreaktor A, kadar BOD pada jam ke-8, 16, 48 mengalami kenaikan, akan tetapi mulai jam ke-72 turun dan semakin turun sampai 89,19% pada jam ke-216 sehingga memenuhi baku mutu. Pada Bioreaktor B, kadar BOD pada jam ke-8 mengalami kenaikan, akan tetapi mulai jam ke-16 turun sampai 86,09% dan semakin turun pada jam ke-216 sehingga memenuhi baku mutu. Pada Kontrol C, kadar BOD turun mulai jam ke-8 dan semakin turun sampai 65,42% pada jam ke-216 sehingga memenuhi baku mutu.

Berdasarkan analisis statistik ANOVA dua arah dengan taraf signifikansi 5 % dihasilkan bahwa penambahan bakteri, lama aerasi serta kombinasi antara penambahan bakteri dan lama aerasi berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter BOD.

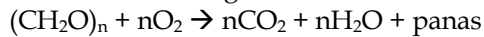


Gambar 2. Perubahan BOD pada perlakuan

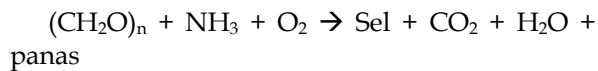
Gambar 2 menunjukkan penurunan BOD, penguraian bahan organik adalah proses alami yang dilakukan oleh bakteri aerob. Proses ini dapat terjadi jika air mengandung oksigen yang cukup. Nilai BOD merupakan jumlah oksigen yang digunakan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air limbah. Penurunan nilai BOD terjadi karena adanya menurunnya jumlah bahan organik dan menurunnya jumlah bakteri yang menguraikan bahan organik dalam limbah menjadi  $\text{CO}_2$  dan amoniak karena kekurangan bahan organik sebagai sumber substrat. Menurut Mahida (1984) hancurnya bahan organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan amoniak oleh aktivitas bakteri yang terjadi pada tahap awal akan mengakibatkan penurunan nilai oksigen terlarut, sehingga nilai BOD tinggi. Adanya aktivitas bakteri terus menerus menyebabkan kadar oksigen terlarut berkurang hingga mencapai tingkat paling rendah. Menurunnya populasi bakteri karena penurunan oksigen terlarut dalam air limbah mengakibatkan penurunan proses peruraian bahan organik yang ditunjukkan dengan penurunan BOD. Menurut Razif (2001) pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang diberi aerasi bertujuan untuk menurunkan karbon organik atau nitrogen organik. Dalam hal menurunkan karbon organik, bakteri yang berperan adalah *heterotrophic*. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon adalah karbon organik. BOD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi karbon organik. Bahan organik dalam air limbah diuraikan oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida, amonia dan untuk pembentukan sel baru serta hasil lain yang berupa lumpur (*sludge*). Bakteri juga perlu respirasi dan melakukan sintesa untuk kelangsungan hidupnya. Menurut Winarno dan

Fardiaz (1974) berkurangnya oksigen pada umumnya digunakan untuk oksidasi bahan organik, sintesa sel dan oksidasi sel dari mikroorganisme. Secara sederhana reaksi-reaksi yang mengkonsumsi oksigen adalah sebagai berikut :

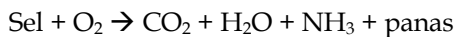
Oksidasi bahan organik :



Sintesa sel :



Oksidasi sel :

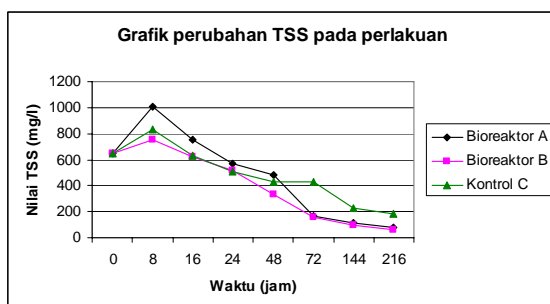


### Pengaruh perlakuan terhadap parameter TSS

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk parameter TSS dalam eksperimen yang dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik adalah Bioreaktor A pada jam ke-216, Bioreaktor B pada jam ke-216, sedangkan pada Kontrol C tidak ada yang memenuhi baku mutu.

Pada Bioreaktor A, TSS pada jam ke-8 dan 16 mengalami kenaikan, akan tetapi turun mulai jam ke-24 dan semakin turun hingga 87,69% pada jam ke-216 sehingga memenuhi baku mutu. Pada bioreaktor B, TSS pada jam ke-8 mengalami kenaikan, akan tetapi mulai jam ke-16 turun dan semakin turun sampai 90,77% pada jam ke-216 sehingga memenuhi baku mutu. Pada Kontrol C, TSS pada jam ke-8 mengalami kenaikan, akan tetapi mulai jam ke-16 turun dan semakin turun pada jam ke-216 sampai 90,77% sehingga memenuhi baku mutu.

Berdasarkan analisis statistik ANOVA dua arah dengan taraf signifikansi 5 % dihasilkan bahwa penambahan bakteri, lama aerasi serta kombinasi antara penambahan bakteri dan lama aerasi berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter TSS.



Gambar 3. Perubahan TSS pada perlakuan

Gambar 3 menunjukkan penurunan kadar TSS, penurunan nilai TSS dapat terjadi karena bahan-bahan organik yang terkandung dalam

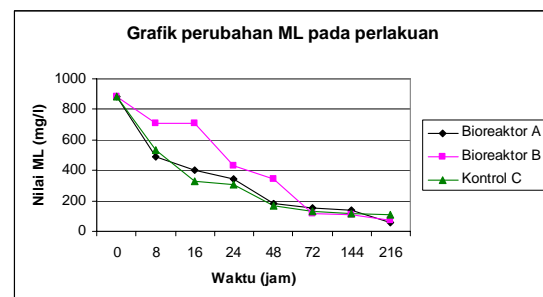
limbah telah diuraikan oleh bakteri pendegradasi limbah dan menghasilkan senyawa yang dapat digunakan untuk pertumbuhan bakteri. TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan ini terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, seperti bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Semakin banyak bahan organik yang terurai oleh aktivitas bakteri maka kualitas limbah domestik semakin baik.

### Pengaruh perlakuan terhadap parameter ML

Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa untuk parameter ML dalam eksperimen tidak ada yang dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik, meskipun terjadi penurunan kadar ML hingga 93,18% pada Bioreaktor A, 92,05% pada Bioreaktor B dan 87,50% pada Kontrol C.

Pada Bioreaktor A, ML pada jam ke-216 turun hingga 93,18% akan tetapi belum memenuhi baku mutu. Pada bioreaktor B, ML pada jam ke-216 turun hingga 92,05% akan tetapi belum memenuhi baku mutu. Pada Kontrol C, ML pada jam ke-216 turun hingga 72,31% akan tetapi belum memenuhi baku mutu.

Berdasarkan analisis statistik ANOVA dua arah dengan taraf signifikansi 5 % dihasilkan bahwa penambahan bakteri, lama aerasi serta kombinasi antara penambahan bakteri dan lama aerasi berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter ML.



Gambar 4. Perubahan ML pada perlakuan

Gambar 4 menunjukkan penurunan kadar minyak dan lemak, penurunan kadar minyak dan lemak terjadi karena pemanfaatan minyak dan lemak sebagai substrat oleh bakteri aerobik dan juga dimungkinkan karena proses fermentasi (anaerob) air limbah domestik pada IPAL dengan memanfaatkan mikrobia anaerob yang mampu menghasilkan enzim lipase yang dapat berperan menurunkan kadar minyak dan lemak (Cordova, 2000). Dari hasil penelitian

Priyani *dkk.* (2002), didapatkan bahwa *Pseudomonas sp* banyak ditemukan pada limbah cair Pabrik Kelapa Sawit di Medan. Pengujian terhadap aktivitas enzim lipase ekstrak dari spesies tersebut menunjukkan bahwa enzim tersebut mampu menguraikan trigliserida (minyak zaitun) menjadi asam lemak bebas. Menurut Ginting (1995) pengolahan limbah secara biologi disamping dapat menurunkan kadar minyaknya, mampu menurunkan nilai BOD, COD dan tidak membahayakan lingkungannya.

*Perbandingan kualitas pengolahan air limbah IPAL Kedung Tungkul dengan kualitas air limbah pada perlakuan*

Data perbandingan kualitas pengolahan limbah domestik pada IPAL Kedung Tungkul dan kualitas pengolahan air limbah pada perlakuan pada Bioreaktor A, Bioreaktor B dan Kontrol C jam ke-216 dapat disajikan pada tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pengolahan air limbah pada perlakuan mempunyai kualitas pengolahan limbah domestik yang lebih baik dibandingkan dengan pengolahan limbah domestik pada IPAL Kedung Tungkul. Hal ini ditunjukkan dengan lebih tingginya persentase perubahan parameter pada perlakuan dibandingkan dengan pengolahan limbah domestik pada IPAL Kedung Tungkul. Untuk parameter pH, seluruh perlakuan dengan berbagai variasi yang diberikan masih memenuhi baku mutu. Untuk parameter BOD, perlakuan yang paling baik adalah pada Bioreaktor A (penambahan bakteri 10%, aerasi 216 jam)

dengan persentase penurunan hingga 89,19% dan dapat memenuhi baku mutu. Untuk parameter TSS, perlakuan yang paling baik adalah pada Bioreaktor B (penambahan bakteri 5%, aerasi 216 jam) dengan persentase penurunan hingga 90,77% dan dapat memenuhi baku mutu. Untuk parameter ML perlakuan yang paling baik adalah pada Bioreaktor A (penambahan bakteri 10%, aerasi 216 jam) dengan persentase penurunan hingga 93,18%, tetapi belum memenuhi baku mutu.

## KESIMPULAN

*Effluent* Limbah domestik IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo berdasarkan baku mutu air limbah domestik menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 tahun 2003, untuk parameter pH (peningkatan 17,33%) dan BOD (penurunan 71,48%) memenuhi baku mutu, sedangkan untuk parameter TSS (penurunan 22,09%) serta Minyak dan Lemak (ML, penurunan 45,99%) tidak memenuhi baku mutu. Waktu aerasi dan penambahan *Pseudomonas putida* berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air limbah domestik dari IPAL Kedung Tungkul Mojosoongo. Untuk parameter pH, seluruh perlakuan dengan berbagai variasi yang diberikan masih memenuhi baku mutu. Untuk parameter BOD serta minyak dan lemak (ML), perlakuan yang paling baik adalah Bioreaktor A (aerasi oksigen sebanyak 2 l/menit selama 216 jam dengan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* berjumlah  $10^{10}$  sel/ml sebanyak 1000 ml

**Tabel 3.** Perbandingan kualitas pengolahan air limbah IPAL Kedung Tungkul dengan kualitas pengolahan air limbah pada perlakuan

Parameter	IPAL ( $\pm$ 9 hari)		Perlakuan (9 hari)			Baku Mutu	
	Influent	Effluent	Sebelum	Sesudah			
				A	B	C	
pH	7,33	8,60	6,925	8,62	8,64	8,28	6-9
BOD(mg/l)	136,93	39,05	174,25	18,83	24,23	60,25	100 mg/l
TSS(mg/l)	558,33	435,00	650	80,00	60,00	180,00	100 mg/l
ML(mg/l)	376,50	203,33	880	60,00	70,00	110,00	10 mg/l
Persentase perubahan (%)							
		Effluent		A	B	C	
pH	Persentase (%)	17,33	Persentase (%)	24,48	24,77	19,57	
BOD		71,48		<b>89,19</b>	86,09	65,42	
TSS		22,09		87,69	<b>90,77</b>	72,31	
ML		45,99		<b>93,18</b>	92,05	87,50	

Keterangan : A = Bioreaktor A (penambahan bakteri 10%, aerasi 216 jam), B = Bioreaktor B (penambahan bakteri 5%, aerasi 216 jam), C = Kontrol C (tanpa penambahan bakteri, tanpa aerasi), Cetak tebal = memenuhi baku mutu  
Garis bawah = persentase perubahan tertinggi

dalam 10 l limbah domestik) dengan persentase penurunan BOD mencapai 89,19% sehingga memenuhi baku mutu dan 93,18% penurunan ML tetapi belum memenuhi baku mutu. Untuk parameter TSS, perlakuan yang paling baik adalah pada Bioreaktor B (aerasi oksigen sebanyak 2 l/menit selama 216 jam dengan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* berjumlah  $10^{10}$  sel/ml sebanyak 500 ml dalam 10 l limbah domestik) dengan persentase penurunan TSS mencapai 90,77% sehingga memenuhi baku mutu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional. Jakarta.
- Bowo. 2000. "Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis". *Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Cordova, J. 2000. "The World Congress on Biotechnology 11<sup>th</sup> International Biotechnology Symposium and Exhibition". *Biotechnology 2000 Vol 3* Unpublished. Berlin.
- Ewies, J. B., Sarina J. E., Daniel P. Y. C., and Edward D. S. 1998. *Bioremediation Principles*. MC Graw Hill Companies, Inc. United States.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Cetakan ke-9. Penerbit Kanisius. Anggota IKAPI. Yogyakarta.
- Gibson, D.T. 1984. *Microbial Degradation of Organic Compound*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Ginting, P. 1995. *Kontribusi Proses Aerobik Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa sawit Dengan Sistem Kolam*. Tesis. Pasca Sarjana USU. Medan.
- Gumbira, S. dan Fauzi, M. A. 1996. "Bioremediasi dengan Mikroorganisme". *Disampaikan dalam Prosiding Pelatihan dan Lokakarya : Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan Cibinong*. LIPI. Bogor.
- Karno. 2004. *Peran Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik Dalam Upaya Memperbaiki Kualitas Air Limbah*. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112. 2003. *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Kantor Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. CV. Rajawali. Jakarta.
- Priyani, N, Jamilah, dan Mizarwati. 2002. "Aktivitas Enzim Lipase Ekstrasel *Pseudomonas sp* Dalam Meguraikan Minyak Limbah Cair Kelapa Sawit Pengaruh Konsentrasi Substrat". Laporan Penelitian. USU. Medan
- Razif, M. 2001. "Rekayasa Konfigurasi Sistem Adsorpsi dan Biocycle untuk Pengolahan Air Limbah Domestik yang Mengandung Deterjen". Laporan Penelitian. Pusat Penelitian KLH Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.
- Suendra, N., Rahayu, S., Soemini dan Suprijo, T. 1991. *Mikrobiologi Lingkungan*. Pusat Pendidikan Kesehatan Depkes. Jakarta.
- Sullivan, J.A. 2004. *Bacteria Divide and Multiply*. (9 Januari 2004) <http://www.cellsalive.com/ecoli.htm>
- Winarno, F.G dan Fardiaz, S. 1974. *Polusi dan Analisa Air*. Departemen Teknologi Hasil Pertanian. FATEMETA IPB. Bogor.