

**KEMAMPUAN *Pseudomonas aeruginosa* DALAM MENURUNKAN
KANDUNGAN FOSFAT LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT**

Disusun oleh:

Gabriela Welma Litaay

NPM : 080801063



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
YOGYAKARTA
2013**

KEMAMPUAN *Pseudomonas aeruginosa* DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN FOSFAT LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT

Ability of *Pseudomonas aeruginosa* to decrease the phosphate content in hospital wastewater

Gabriela Welma Litaay¹, A.Wibowo Nugroho Jati², L.Indah Murwani Yulianti³
Program Studi Teknobiologi Lingkungan, Fakultas Teknobiologi
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
emmalitaay@gmail.com

Abstrak

Limbah cair rumah sakit merupakan bahan sisa yang tidak digunakan lebih lanjut untuk keperluan rumah sakit. Fosfat merupakan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit dan menjadi salah satu parameter penting yang diukur. Bakteri yang dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit yaitu bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 variasi penambahan bakteri yang berbeda yaitu perlakuan A (tidak ada penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada limbah cair), perlakuan B (penambahan 2 tabung reaksi bakteri *Pseudomonas aeruginosa*), perlakuan C (penambahan 3 tabung reaksi bakteri *Pseudomonas aeruginosa*) dan perlakuan D (penambahan 4 tabung reaksi bakteri *Pseudomonas aeruginosa*). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu limbah cair dengan penambahan 4 tabung reaksi yang paling cepat menurunkan kandungan fosfat hingga 5,175 mg/l dalam waktu 15 hari. Hasil uji BOD juga menunjukkan penurunan hingga di bawah baku mutu pada hari ke-9 sebesar 28,3 mg/l dan hari ke-15 sebesar 11,6 mg/l. Penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mampu menurunkan kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit dengan presentase sebesar 47,30%.

Kata Kunci : *Pseudomonas aeruginosa*, Fosfat, Limbah Cair Rumah Sakit, BOD

Pendahuluan

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mencemari lingkungan. Sumber-sumber pencemaran yang terdapat di rumah sakit berasal dari kegiatan dapur, laundry, rawat inap, laboratorium, kamar mayat, ruang operasi, asrama, dll. Di samping itu kegiatan rumah sakit juga menghasilkan limbah cair yang bersifat infeksius, racun dan bahan berbahaya bagi

lingkungan dan masyarakat sekitarnya maupun dalam lingkungan rumah sakit itu sendiri (Budi, 2006).

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat dibutuhkan oleh manusia, hewan dan tumbuhan. Limbah cair merupakan unsur pencemaran yang sangat potensial bagi lingkungan perairan. Unsur tersebut dapat membahayakan baik terhadap manusia maupun kehidupan biota air (Sukma, 2011). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair menjadi semakin penting artinya sebagai bagian dari upaya manusia untuk mengamankan sumber-sumber air yang sangat dibutuhkan mengingat air tersebut sangat terbatas (Sukma, 2011).

Limbah rumah sakit yang mengandung fosfat akan menyebabkan masalah lingkungan hidup yaitu menyebabkan eutrofikasi yaitu pencemaran air yang disebabkan munculnya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi *phosphorus* tinggi, kondisi eutrofik sangat memungkinkan algae tumbuh berkembang biak dengan pesat (*blooming*) akibat dari ketersediaan fosfat berlebihan serta kondisi lain yang memadai dan hal ini bisa dikenali dengan warna air menjadi kehijauan, berbau tidak sedap dan kekeruhan menjadi sangat meningkat (Budi, 2006). Banyaknya enceng gondok yang bertebaran juga disebabkan dari fosfat yang sangat berlebihan ini. Pada keadaan “eutrotop” (unsur hara melimpah di perairan) tanaman dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang mencerna (*digest*) dan pada siang hari pancaran sinar matahari ke dalam air akan berkurang, sehingga proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen juga berkurang (Budi, 2006).

Akibatnya, kualitas air di banyak ekosistem air menjadi sangat menurun sebaliknya bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah ($<0,01$ mg/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan “oligotrop” (Budi, 2006).

Strain-strain bakteri anggota genus *Pseudomonas* tersebar luas di alam dan kelimpahannya predominan (Suhardjono, 2010). Berbagai strain anggota genus tersebut memiliki keunggulan metabolik, sehingga dapat digunakan dalam bioremediasi berbagai pencemar di lingkungan khususnya berperan sangat penting dalam biodegradasi dan mereduksi toksisitas limbah deterjen (Suhardjono, 2010).

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan September 2012 sampai bulan Maret 2013 di Laboratorium Teknobiologi-Industri, Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Alat-alat yang digunakan antara lain aquarium, autoklaf, buret, cawan petri, *colony counter*, corong pemisah, erlenmeyer, ember plastik, gayung, gelas beker, gelas benda, gelas pengaduk, gelas ukur, haemositometer merek *assistant*, *hair dryer*, incubator merek JSR, jarum ose, jerigen, jet aerator, kaki tiga, kamera SLR Canon 550D, kertas saring, lampu spiritus, laminair air flow merek ESCO, lemari es, mikro pipet, mikroskop, *microwave* merek panasonic, pipet tetes, pipet ukur, rak tabung reaksi, selang, spektrofotometer merek RRC, timbangan analitik dan trigalski.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu alkohol 70%, Amilum, aquades, cat Gram A, cat Gram B (larutan Mordan), cat Gram C (larutan peluntur), cat Gram D

(larutan safrinin), H₂O₂ 3%, H₂SO₄ Pekat, HNO₃ Pekat, HNO₃ 1:3, KOH-HI, MnSO₄, Na₂S₂O₃, kapas, kertas payung, reagen Vanadat Molibdat, tissue, medium *Nutrient Agar* (NA), medium *Nutrient Broth* (NB), *Cetrimide Agar Medium* (CAM), sampel limbah cair sebanyak 60 liter yang diperoleh dari suatu instansi rumah sakit Panti Rapih, Jln. Cik Ditiro Yogyakarta dan isolat murni bakteri *Pseudomonas aeruginosa* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Pasca Sarjana UGM.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan medium pertumbuhan mikrobial, uji kemurnian bakteri yang meliputi pengamatan morfologi sel bakteri, pengecatan gram, uji motilitas dan uji katalase. selanjutnya pembuatan kurva pertumbuhan bakteri, penghitungan bakteri, perbanyakan *Pseudomonas aeruginosa*, persiapan *seedling* (pembibitan) bakteri. Tahap pelaksanaan meliputi analisis sampel yang dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari yaitu meliputi pengukuran fosfat, penghitungan jumlah *Pseudomonas aeruginosa* dan pengukuran BOD (*Biological Oxygen Demand*). Tahap terakhir yaitu analisis data dengan ANAVA dan untuk mengetahui letak beda nyata menggunakan uji Dunnett dan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% dengan program SPSS 17.

Hasil dan Pembahasan

A. Uji Kemurnian Bakteri

Uji kemurnian bakteri dilakukan agar didapat isolat bakteri murni. Uji kemurnian yang dilakukan meliputi pengamatan morfologi koloni dari medium agar dan *spread plate method*, pengamatan morfologi sel dengan pengecatan

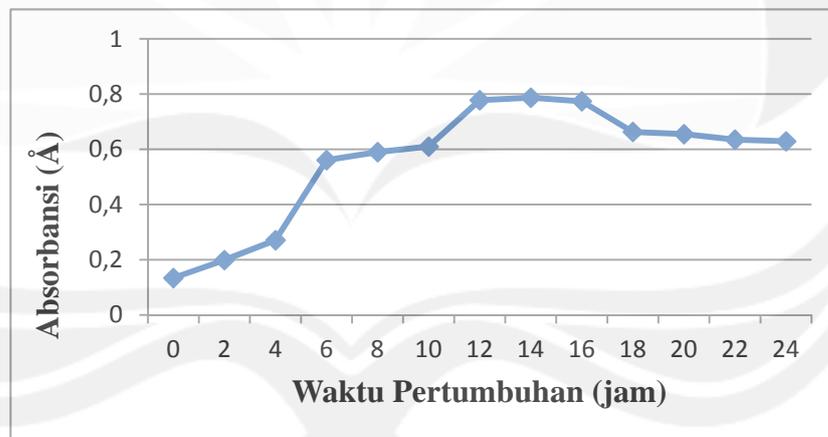
gram, uji motilitas, uji katalase, dan pengecatan negatif. Hasil uji kemurnian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kemurnian Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Uji Kemurnian	Hasil uji	Breed dkk. (2001)
	Mikrobia uji (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Morfologi koloni	<i>Irregular</i>	<i>Irregular</i>
Uji katalase	Berbuih (Katalase positif)	Berbuih (Katalase positif)
Uji motilitas (agar tegak)	Motil	Motil
Pengecatan Gram	Warna merah Gram negatif	Warna merah Gram negatif
Pengecatan Negatif	<i>Bacil</i>	<i>Bacil</i>

B. Kurva Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil penentuan kurva pertumbuhan kedua bakteri uji dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* pada medium *broth* cair selama 24 jam

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada jam ke-0 hingga jam ke-6 pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* menunjukkan pertumbuhan bakteri memasuki fase adaptasi (*lag phase*). Lama fase adaptasi tergantung pada komposisi medium, pH, suhu, aerasi, jumlah sel pada inokulum awal dan sifat fisiologis mikroorganisme pada medium sebelumnya. Fase logaritmik diketahui pada jam ke-7 hingga jam

ke-10. Fase stasioner bakteri *Pseudomonas aeruginosa* terjadi pada jam ke-12 hingga jam ke-18, sedangkan fase kematian (*death phase*) *Pseudomonas aeruginosa* terjadi pada jam ke-20 sampai jam ke-24 yang ditunjukkan dengan penurunan nilai absorbansi. Untuk itu penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ke dalam akuarium-akuarium limbah cair rumah sakit dilakukan pada jam ke-7 dari pembuatan starter.

C. Perhitungan Sel Total Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Starter *Pseudomonas aeruginosa* yang digunakan dalam penelitian dihitung jumlah sel total bakteri pada tiap starter. Perhitungan jumlah sel total dilakukan untuk mengetahui jumlah sel total pada starter bakteri sebelum dimasukkan ke dalam sampel limbah cair rumah sakit. Selain itu menurut Rajasa (2010), dilakukan perhitungan bakteri sebelum penambahan limbah deterjen *laundry* untuk memperlihatkan pertumbuhan dan perkembangan. Perhitungan jumlah sel total bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Sel Total *Pseudomonas aeruginosa*

No	Jumlah Sel Total Pada Tiap Starter <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (sel/ml)
1	12×10^8
2	$21,25 \times 10^8$
3	47×10^8
4	$16,75 \times 10^8$
5	11×10^9
6	$27,50 \times 10^8$
7	$49,50 \times 10^8$
8	20×10^8
9	$18,75 \times 10^8$

D. Perhitungan Fosfat

Pada pengujian kandungan fosfat dilakukan pengulangan pengukuran setiap 3 hari sekali hingga hari ke-15. Penurunan kandungan fosfat yang terjadi pada limbah cair rumah sakit pada hari ke-3 sampai hari ke-15 terjadi akibat

penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang dapat memanfaatkan unsur hara seperti fosfat bagi kehidupan sel bakteri tersebut, sehingga ketersediaan fosfat dalam limbah cair rumah sakit mengalami penurunan.

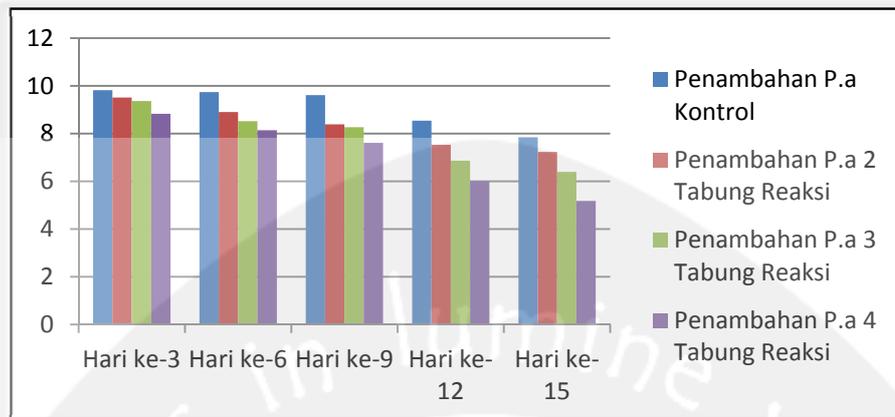
Pada pengujian kandungan fosfat pada hari ke-15 menunjukkan kandungan fosfat limbah cair rumah sakit setelah penambahan *Pseudomonas aeruginosa* mengalami penurunan pada perlakuan (A) dan perlakuan (B) dan perlakuan (D). Penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yaitu dengan 2 tabung reaksi, 3 tabung reaksi dan 4 tabung reaksi berpengaruh terhadap kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit. Menurut Rajasa (2010), metabolisme organisme menunjukkan pemanfaatan fosfat sebagai sumber nutrisi di lingkungan sehingga terjadi penurunan kadar fosfat. Seperti halnya menurut Pelczar (1988), fosfor yang (garam-garam fosfat) merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan mikrobial untuk pertumbuhan dan fungsinya yang normal. Maka fosfat yang melimpah dalam limbah cair dimanfaatkan langsung oleh *Pseudomonas aeruginosa*. Proses metabolisme *Pseudomonas aeruginosa* menunjukkan kemampuan dalam melarutkan dan memanfaatkan fosfat di yang tersedia di alam.

Selain terjadi penurunan kandungan fosfat di dalam limbah cair rumah sakit pada perlakuan (B), (C) dan (D) dengan penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan jumlah yang berbeda, penurunan kandungan fosfat juga terjadi pada perlakuan (A) atau kontrol tanpa penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat aktifitas mikrobial alami di dalam limbah cair rumah sakit. Sehingga terjadi penurunan pada perlakuan control. Selain total coliform, di dalam limbah cair juga terdapat mikrobial alami

yang belum teridentifikasi. Efektifitas penurunan kandungan fosfat dalam limbah rumah sakit yang dimanfaatkan sebagai salah satu sumber nutrisi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebesar 47.30 % dalam waktu 15 hari.

Hasil penelitian pada hari ke-15 dengan penambahan *Pseudomonas aeruginosa* sebanyak 4 tabung reaksi adalah hasil yang paling baik dibandingkan hari-hari sebelumnya karena penurunan kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit dengan jumlah kandungan fosfat rata-rata sebesar 5,175 mg/l (Tabel 6). Hasil ini membuktikan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* memanfaatkan kandungan fosfat dan mampu menurunkan kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit, tetapi nilai fosfat ini belum sesuai dengan Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Pelayanan Kesehatan Kelas A SK Gub. DIY No.7 Tahun 2010 yaitu kadar maksimum yang dibolehkan hanya sebesar 2 mg/l.

Pemanfaatan fosfat yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* tidak menunjukkan angka di bawah baku mutu limbah cair rumah sakit. Menurut Pelchzar (1988), setiap bentuk kehidupan, dari mikroorganisme hingga manusia, mempunyai persamaan dalam hal persyaratan nutrisi tertentu dalam bentuk zat-zat kimiawi. Nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme sangat beragam untuk pertumbuhan dan fungsinya yang normal. Selain itu menurut Kusnadi dkk (2003), bakteri memperlihatkan kemampuan dalam menggunakan bahan makanan yang tersebar, juga dapat menyusun bahan anorganik menjadi senyawa organik yang sangat kompleks.



Gambar 2. Grafik pengukuran kandungan Fosfat (mg/l) pada Limbah Cair Rumah Sakit menggunakan *Pseudomonas aeruginosa*

Hasil pengukuran fosfat limbah cair rumah sakit ini juga dilihat dalam bentuk grafik. Grafik menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai pada setiap perlakuan dari hari ke-3 hingga hari ke-15 dengan angka tertinggi kandungan fosfat ada pada perlakuan A pada hari ke-3 yaitu sebesar 9,819 mg/l dan angka terendah kandungan fosfat ada pada perlakuan D hari ke-15 yaitu sebesar 5,175 mg/l.

E. Perhitungan Koloni *Pseudomonas aeruginosa*

Perhitungan koloni bakteri dilakukan untuk melihat jumlah sel bakteri hidup pada hari ke-3, 6, 9, 12 dan 15. Menurut Rajasa (2010), pertumbuhan koloni memperlihatkan adanya suatu daur nutrien yang terjadi, karena pertumbuhan koloni mengaitkan proses pemanfaatan bahan alami yang ada. Pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi terlihat dari hasil perhitungan jumlah koloni setelah beberapa waktu tertentu dan hal tersebut terlihat pada hasil pengamatan jumlah koloni yang dilakukan (Rajasa, 2010). Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri Gram negatif untuk itu diharapkan jumlah sel hidup bakteri *Pseudomonas aeruginosa* berkurang pada hari ke-15 seiring dengan penurunan

fosfat. Jumlah sel hidup *Pseudomonas aeruginosa* pada hari ke-15 penelitian ini masih berkisar antara 20-200 koloni per milliliter padahal menurut Pelchzar (1988), air yang berkualitas baik diharapkan menunjukkan hitungan total koloni bakteri yang rendah yaitu kurang dari 100 koloni per mililiter.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa jumlah *Pseudomonas aeruginosa* mengalami penurunan jumlah koloni hingga hari ke-15. Hal ini diduga karena adanya kompetisi antara bakteri sejenis dan antara bakteri tidak sejenis atau bakteri alami yang ada dalam limbah cair rumah sakit dalam menggunakan nutrisi-nutrisi yang ada. Adanya kompetisi dapat menyebabkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* berkurang dari hari ke hari. Akibat dari tidak terpenuhinya salah satu komponen nutrisi yang dibutuhkan. Seperti halnya menurut Nainggolan (2008), jumlah populasi mikroba yang meningkat dapat menimbulkan kompetisi antarmikroorganisme. Bentuk kompetisi ini dapat berupa kompetisi dalam merebut ruang, air, dan unsur-unsur hara. Selain itu faktor aerasi dalam lumpur limbah juga berpengaruh dalam pertumbuhan bakteri aerob.

F. Perhitungan BOD

Parameter penting yang diukur dalam penelitian ini yaitu parameter lingkungan BOD. *Biology Oxygen Demand* (BOD) menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air secara biologi. Makin tinggi nilai BOD menunjukkan tingginya jumlah bahan organik dan mutu air makin rendah. Organisme hidup yang bersifat aerobik membutuhkan oksigen untuk beberapa reaksi biokimia, yaitu untuk mengoksidasi bahan organik, sintesis sel, dan oksidasi sel. Kebutuhan oksigen pada bakteri

tertentu mencerminkan mekanisme yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energinya.

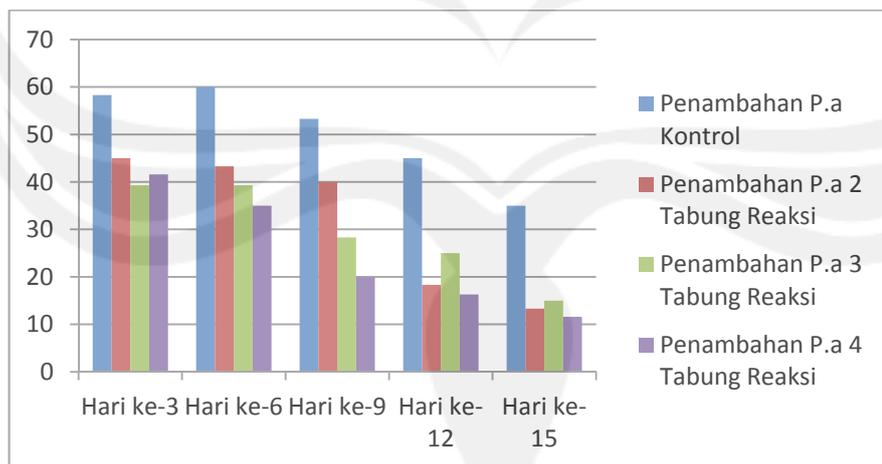
Pengujian BOD dilakukan pengulangan pengukuran setiap 3 hari sekali hingga hari ke-15. Pada hari ke-3 dan 6 nilai BOD mengalami penurunan pada perlakuan (A), perlakuan (B) dan perlakuan (C), tetapi penurunan nilai BOD yang terjadi belum mencapai kadar maksimum BOD dalam limbah cair rumah sakit yaitu 30 ml/l yang sesuai dengan Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Pelayanan Kesehatan Kelas A SK Gub.DIY No.7 Tahun 2010.

Pengukuran BOD hari ke-9, 12, dan 15 mengalami penurunan pada perlakuan (A), perlakuan (B) dan perlakuan (C), penurunan nilai BOD yang terjadi telah mencapai nilai di bawah kadar maksimum BOD dalam limbah cair rumah sakit yaitu 30 ml/l yang sesuai dengan Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Pelayanan Kesehatan Kelas A SK Gub. DIY No. 7 Tahun 2010. Perlakuan (D) dengan penambahan 4 tabung reaksi *Pseudomonas aeruginosa* dapat menurunkan nilai BOD limbah cair rumah sakit lebih besar dibandingkan perlakuan (B) atau perlakuan (C). Hal ini menunjukkan banyaknya senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair dimanfaatkan oleh *Pseudomonas aeruginosa* sehingga menyebabkan nilai BOD turun dalam kurun waktu 15 hari dan sesuai baku mutu yang berlaku pada hari ke-12 dan 15 pada semua perlakuan penambahan *Pseudomonas aeruginosa*.

Menurut Sitanggang (2008) hal ini menyatakan semakin besar jumlah *Pseudomonas aeruginosa* yang diberikan pada limbah cair maka semakin cepat menurunkan kadar BOD pada limbah karena *Pseudomonas aeruginosa* yang

semakin banyak akan mendekomposisi senyawa dalam limbah dengan efektif. Selain itu menurut Pelchzar (1988), jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan bakteri semakin besar untuk peruraian.

Pada grafik (Gambar 3) ditunjukkan angka beban BOD dari hari ke-3 hingga ke-15 mengalami penurunan grafik pada empat perlakuan tersebut. Grafik menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai pada setiap perlakuan dari hari ke-3 hingga hari ke-15 dengan angka tertinggi beban BOD ada pada perlakuan A pada hari ke-6 yaitu sebesar 60 mg/l dan angka terendah kandungan fosfat ada pada perlakuan D hari ke-15 yaitu sebesar 11,6 mg/l. Grafik beban BOD tersebut menunjukkan penurunan yang cepat terjadi pada perlakuan B, C dan D yaitu perlakuan dengan penambahan *Pseudomonas aeruginosa*, sedangkan pada perlakuan A menunjukkan penurunan angka yang tidak begitu cepat dalam 15 hari penelitian tersebut.



Gambar 3. Grafik pengukuran Beban BOD (mg/l) pada Limbah Cair Rumah Sakit menggunakan *Pseudomonas aeruginosa*

Simpulan

1. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mampu menurunkan kandungan fosfat yang terkandung di dalam air limbah rumah sakit.

2. Pada pengolahan limbah cair rumah sakit semakin banyak jumlah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* maka semakin cepat penurunan kandungan fosfat dalam air limbah rumah sakit. Perlakuan D dengan penambahan 4 tabung reaksi *Pseudomonas aeruginosa* menurunkan kandungan fosfat lebih cepat dalam 15 hari.
3. *Pseudomonas aeruginosa* mampu menurunkan kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit dengan presentase sebesar 47,30%.

A. Saran

1. Perlu adanya kajian lebih lanjut tentang kemampuan *P. aeruginosa* dalam mengurangi kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit dengan penambahan jumlah bakteri *P. aeruginosa*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang kemampuan bakteri *P. aeruginosa* dalam mengurangi kandungan fosfat dalam limbah cair rumah sakit hingga sesuai dengan baku mutu limbah cair rumah sakit yang berlaku.
3. Perlu adanya tinjauan kembali mengenai penggunaan arang kayu sebagai medium perlekatan.

Daftar Pustaka

- Budi, S. S. 2006. *Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus Rs Bethesda Yogyakarta)*. http://eprints.undip.ac.id/18012/1/Sudi_Setyo_Budi.pdf : penurunan fosfat.
- Kusnadi, Peristiwati, Syulasma A., Purwianingsih W., dan Rochintaniawati D. 2003. *Mikrobiologi* (Common Teksbook). Biologi FPMIPA. UPI. Bandung.
- Nainggolan, P.F.H. 2008. *Kajian Pemanfaatan Lumpur Limbah Water Treatment Pt. Pupuk Kujang Sebagai Media Tanam Arachis Hypogaea Dengan Penambahan Mikoriza, Rhizobium, Dan Pupuk Bokashi*. FMIPA-ITS. Surabaya.

- Pelzcar, M. J. dan Chan, G. C. S. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Universitas Indonesia Press. Indonesia.
- Rajasa, G. 2010. *Pemanfaatan Biofilm Mikrobentos Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Deterjen Laundry*. Yogyakarta. Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Sitanggang, B. 2008. Kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* Dalam Meremediasi Limbah Pabrik Batik Tulis PT."X", Yogyakarta. *Skripsi S-1* Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sukma, N. 2011. http://eprints.undip.ac.id/11892/1/Bab_1-5_skripsi_nurita-sukma.pdf.
- Suhardjono. 2010. Pemberdayaan Komunitas *Pseudomonas* Untuk Bioremediasi Ekosistem Air Sungai Tercemar Limbah Deterjen. *Seminar Nasional Biologi* .