

EFISIENSI PENYISIHAN BOD DAN COD LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN VARIASI KOMPOSISI MEDIA ZEOLIT-BIOBALL DAN WAKTU TINGGAL HIDRAULIK DARI BIOREAKTOR ANAEROB-AEROB (STUDI KASUS RSUD PRAMBANAN)

Sulvia Desica, M. Masykuri, Prabang Setyono

Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email : sulvia_desica81@yahoo.com

Abstrak

Rumah sakit merupakan penghasil limbah klinis terbesar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi penyisihan konsentrasi BOD dan COD limbah cair rumah sakit sebagai indikator kualitas air limbah. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen menggunakan bioreaktor anaerob-aerob. Bioreaktor terdiri atas 2 wadah, yaitu wadah anaerob dengan media penyangga bioball dan wadah aerob dengan media adsorben zeolit yang ditambahkan aerator. Efisiensi penyisihan polutan diketahui berdasarkan perhitungan perumusan dari konsentrasi polutan inlet dan outlet pengolahan. Analisa yang digunakan untuk menganalisa beda rerata adalah *Analysis of Variance*, sehingga ditemukan komposisi media dan waktu tinggal hidraulik yang paling efisien terhadap penyisihan polutan. Hasil yang diperoleh adalah bioreaktor komposisi 3 dan waktu tinggal hidraulik 18 jam adalah signifikan terhadap penurunan BOD dan COD. *Pseudomonas sp* adalah kultur bakteri yang kehadirannya dalam proses paling mendekati signifikansi. Dapat disimpulkan bioreaktor komposisi 3 efisien terhadap penyisihan polutan limbah cair rumah sakit dan *Pseudomonas sp* adalah kultur bakteri teridentifikasi dalam pengolahan limbah cair rumah sakit.

Kata Kunci: bioreaktor, komposisi media, waktu tinggal hidraulik, BOD dan COD

PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan penghasil limbah klinis terbesar. Limbah tersebut berasal dari unit perawatan, ruang operasi, laboratorium, farmasi, bagian rumah tangga, kamar mayat dan unit penunjang layanan kesehatan yang lain, yang menghasilkan limbah yang bersifat berbahaya, beracun dan infeksius (Pruss, 2002). Salah satu masalah yang dihadapi dalam pengolahan limbah rumah sakit adalah pencapaian kadar fosfat (PO_4) dalam efluen yang belum sesuai dengan standar baku mutu (Lawrence, *et al*, 2002).

Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, jika suatu badan air tercemar oleh zat organik maka bakteri akan dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses biodegradable berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada biota air dan keadaan pada badan air dapat menjadi anaerobik yang ditandai dengan timbulnya bau busuk. BOD dan COD merupakan parameter yang umum digunakan sebagai indikator kualitas air limbah (Alaerts dan Santika, 1987)

Menurut Direktorat Jenderal PPM dan PLP, Depkes (1996), prinsip pengolahan limbah cair rumah sakit adalah:

1. Saluran pembuangan air limbah menggunakan sistem saluran tertutup, kedap air dan limbah harus mengalir dengan lancar.

2. Rumah sakit harus memiliki unit pengolahan limbah sendiri atau bersama-sama secara kolektif dengan bangunan di sekitarnya yang memenuhi syarat teknis, apabila belum ada atau tidak terjangkau sistem pengolahan air limbah perkotaan.
3. Kualitas limbah rumah sakit yang akan dibuang ke lingkungan harus memenuhi persyaratan baku mutu efluen sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Antisipasi komponen bahaya pada limbah, diupayakan melalui pengolahan limbah rumah sakit, dengan mempertimbangkan segala keterbatasan rumah sakit. Karakteristik lahan rumah sakit kelas D umumnya berupa lahan yang kecil, sehingga memungkinkan pengadaan IPAL dengan konstruksi kecil. Berdasarkan penelitian Gasparikova *et al* yang diterbitkan pada tahun 2005, karakteristik permukiman di lokasi penelitian memungkinkan pengadaan IPAL dengan konstruksi kecil, dimana investasi rendah dan biaya pemeliharaan ringan. Mayoritas IPAL yang dipilih adalah yang efisien dalam penyisihan polutan organik tanpa operasional yang harus melibatkan tenaga profesional.

Air limbah rumah sakit mempunyai sifat *biodegradable*, maka dari itu pengolahan air limbah yang lebih sesuai dilakukan adalah dengan cara pengolahan biologis, yang berfungsi untuk menurunkan kandungan zat organik. Metode biologis diterima secara luas karena penerapan, kesederhanaan dan kinerja. Pengolahan biologis juga digunakan untuk menghilangkan secara selektif beberapa logam, fosfor dan polutan lainnya. Penerapan penggunaan adsorpsi sebagai tambahan untuk penyisihan bahan adsorben organik dan logam berat (Kulkarni dan Kherde, 2015).

Penghilangan polutan dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolisis limbah cair di dalam reaktor (Said, 2005). Untuk mendukung pengolahan biologi tersebut, dapat ditambahkan adsorben sebagai penyerap bahan organik terurai. Proses adsorpsi oleh adsorben seperti zeolit dapat dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik antara lain fenol dan organik lainnya (Asmadi, 2013). Proses perkembangan bakteri secara anaerob dan aerob diharapkan terjadi secara alami dalam air limbah, maka komposisi penyusun media penyangga dan adsorben harus tersedia (Schroeder, 1997).

Proses pengolahan air limbah dengan proses bioreaktor dilakukan dengan cara mengalirkan limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Posisi media tercelup di bawah permukaan air. Bioreaktor adalah suatu alat atau sistem yang mendukung aktivitas [agensia biologis](#). Dengan kata lain, sebuah bioreaktor adalah tempat berlangsungnya proses [kimia](#) yang melibatkan mikroorganisme atau enzim yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme. Proses reaksi kimia yang berlangsung dapat bersifat [aerobik](#) ataupun [anaerobik](#). Sementara itu, agensia biologis yang digunakan dapat berada dalam keadaan [tersuspensi](#) atau [terimobilisasi](#) (Tampion dan Tampion, 1987).

Berdasarkan studi penelitian Jafrudeen dan Ahsan di India yang dipublikasikan pada November tahun 2012, teknologi pengolahan limbah dengan proses biologi lebih menekankan kepada waktu tinggal limbah cair. Disebutkan retensi waktu tinggal untuk biodegradasi lengkap adalah 18-24 jam.

Penggunaan pemanfaatan kombinasi antara media pengembangbiakan mikroorganisme dengan adsorben dimana dipadukan dengan variasi waktu tinggal limbah, serta identifikasi kultur bakteri dalam pengolahan limbah merupakan kebaruan penelitian ini. Di dalam penelitian ini, peneliti melakukan penelitian terhadap efisiensi penyisihan polutan limbah cair Rumah Sakit Kelas D menggunakan bioreaktor anaerob-aerob dengan variasi waktu tinggal hidraulik serta komposisi media zeolit dan bioball, dengan ruang lingkup (batasan) penelitian yang diamati adalah BOD dan COD

METODE

Lokasi penelitian RSUD Prambanan, Sleman, D.I. Yogyakarta. Waktu Penelitian Oktober 2015-Maret 2016.

Penelitian ini merupakan penelitian dengan percobaan, untuk mengetahui efisiensi penyisihan polutan, yaitu BOD dan COD, menggunakan bioreaktor dengan variasi komposisi media penyangga dan variasi waktu tinggal hidraulik limbah. Rancangan secara acak dengan tes akhir dan kelompok control (*The randomized posttest only control group design*). Pada rancangan ini, ada kelompok eksperimen dan ada kelompok kontrol. Pada kelompok eksperimen dikenai perlakuan X_1 dan pada kelompok kontrol tidak dikenai perlakuan. Dan pada akhir penelitian kedua kelompok dikenai posttest. Pemilihan subjek ke dalam kedua kelompok yang dikenai eksperimen menggunakan proses randomisasi. Dengan begitu, sesuai dengan asumsi randomisasi, kedua kelompok yang dikenai eksperimen adalah ekuivalen (hampir sama).

Percobaan telah dilakukan di tempat-tempat sebagai berikut:

1. Lokasi Pembuatan Limbah arifisial dan pembiakan bakteri.
2. Rumah Sakit Umum Daerah Prambanan sebagai lokasi (sumber) pengambilan sampel limbah cair rumah sakit.
3. Lokasi pengoperasian bioreaktor penelitian.
4. Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLP) Yogyakarta untuk uji laboratorium kimia.
5. Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) DIY untuk uji laboratorium mikrobiologi.

Efisiensi penghilangan polutan dipengaruhi waktu tinggal hidrolisis di dalam reaktor atau beban pengolahan berupa beban organik. Semakin lama waktu tinggal di dalam reaktor biofilter maka efisiensi penghilangan semakin kecil. Waktu terbaik ditentukan pada 1 hari pengolahan (Said, 2005). Berdasarkan tinjauan pustaka studi penelitian Jafrudeen dan Ahsan di India yang dipublikasikan pada November tahun 2012, teknologi pengolahan limbah dengan proses biologi lebih menekankan kepada waktu tinggal limbah cair. Disebutkan retensi waktu tinggal untuk biodegradasi lengkap adalah 18-24 jam. Dalam penelitian ini variasi waktu tinggal limbah dalam reaktor yang digunakan adalah 18 jam, 21 jam dan 24 jam.

Volume media yang direkomendasikan adalah 40% dari total volume reaktor (Said, 2005). Volume total reaktor adalah 10 liter, jadi volume limbah cair dalam sekali pengolahan adalah 6 liter dan volume media dalam reaktor adalah 4 liter. Dalam penelitian ini media yang digunakan adalah benda padat yaitu zeolit alam dan bioball tipe rambutan, jadi komposisi kedua media tersebut adalah:

1. 900 gr : 2.700 gr
2. 1.800 gr : 1.800 gr
3. 2.700 gr : 900 gr.

Populasi penelitian adalah limbah di dalam kesatuan IPAL RSUD Prambanan. Sampel yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagian limbah rumah sakit yang diambil dalam bak ekualisasi IPAL RSUD Prambanan

Perhitungan penyisihan zat pencemar limbah rumah sakit dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{[C]_{in} - [C]_{ef}}{[C]_{in}} \times 100\%$$

dimana :

η (%) = persentase penyisihan

[C]_{in} = konsentrasi zat pencemar pada influen

[C]_{ef} = konsentrasi zat pencemar pada efflu

Uji statistik yang digunakan adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara variasi komposisi media penyangga bioreaktor serta waktu tinggal hidraulik limbah dalam bioreaktor terhadap penyisihan konsentrasi BOD, COD dan fosfat air limbah. Data yang diperoleh pada penelitian ini diuji aplikasi SPSS 19.0 *One Way Analysis of Variance*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengolahan limbah rumah sakit dengan memanfaatkan bioreaktor komposisi 3, maka sampel yang digunakan adalah limbah rumah sakit yang menjadi studi penelitian ini, yaitu RSUD Prambanan. Kegiatan sampling limbah rumah sakit dilakukan dalam 2 tahap yaitu, sampling tanpa perlakuan percobaan (inlet) dan sampling dengan perlakuan (outlet).

Sebelumnya dilakukan pengolahan limbah artifisial menggunakan 3 komposisi wadah yang telah ditentukan, untuk mendapatkan bioreaktor paling efisien untuk percobaan pengolahan limbah rumah sakit. Analisis perbandingan ganda didapat bioreaktor 3 paling efisien dengan *P-Value* = 0,017.

Sebelum pengolahan menggunakan bioreaktor 3 dilakukan, limbah rumah sakit yang belum mendapat pengolahan (inlet), diambil pada sumber yang sama untuk diuji kimia dan mikrobiologi. Hasil uji laboratorium kimia dapat dilihat pada tabel

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Kimia Sampling Limbah Rumah Sakit

Parameter	Hasil uji		
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3
BOD	38 mg/L	72 mg/L	46 mg/L
COD	64,6 mg/L	216,8 mg/L	89,3 mg/L

Pada sumber yang sama juga dilakukan sampling (inlet) untuk identifikasi mikrobiologi. Hasil uji laboratorium mikrobiologi dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Mikrobiologi Sampling Limbah Rumah Sakit

No	Identifikasi Bakteri		
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3
1	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Enterobacter gergoviae</i>
2	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
3	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i>	

Berdasarkan tabel tersebut atas dapat dilihat bahwa terdapat beberapa kultur bakteri yang kemudian akan diamati ketahanan hidupnya di dalam bioreaktor sehingga akan dianalisa frekuensinya pada setiap pengukuran.

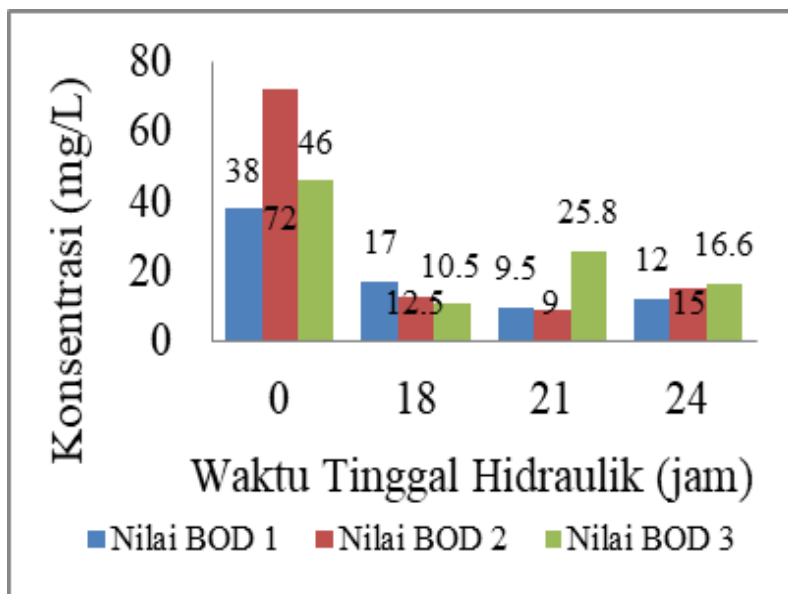
Hasil pengolahan limbah rumah sakit dengan bioreaktor komposisi 3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi BOD limbah rumah sakit berdasarkan waktu tinggal hidraulik limbah pada pengulangan pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Konsentrasi BOD Hasil Uji Pengolahan Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Waktu Tinggal Hidraulik Limbah dan Pengulangan Pengukuran

Waktu	Nilai BOD (mg/L)		
	1	2	3
0	38	72	46
18	17	12,5	10,5
21	9,5	9	25,8
24	12	15	16,6

Berdasarkan tabel tersebut di atas dapat dilihat bahwa pada pengukuran 1 dan 2 terdapat pola hampir sama, di mana pada waktu tinggal hidraulik 21 jam terjadi penurunan nilai konsentrasi, lalu terjadi kenaikan nilai kembali pada waktu 24 jam. Pada bioreaktor 1 saat 18 jam, 21 jam dan 24 jam secara berurutan nilai BOD adalah 17 mg/L; 9,5 mg/L; dan 12 mg/L. Pada bioreaktor 2 saat 18 jam, 21 jam dan 24 jam secara berurutan nilai BOD adalah 12,5 mg/L; 9 mg/L; dan 15 mg/L. Berbeda halnya dengan pengulangan pengukuran ke 3, pada waktu 21 jam terjadi kenaikan nilai dari sebelumnya lah saat 18 jam ad10,5 mg/L menjadi 25 mg/L. Akan tetapi menurun kembali saat waktu hidraulik 24 jam yaitu 16,6 mg/L.

Fluktuasi konsentrasi nilai BOD pengolahan limbah rumah sakit dapat dilihat pada grafik gambar 1.



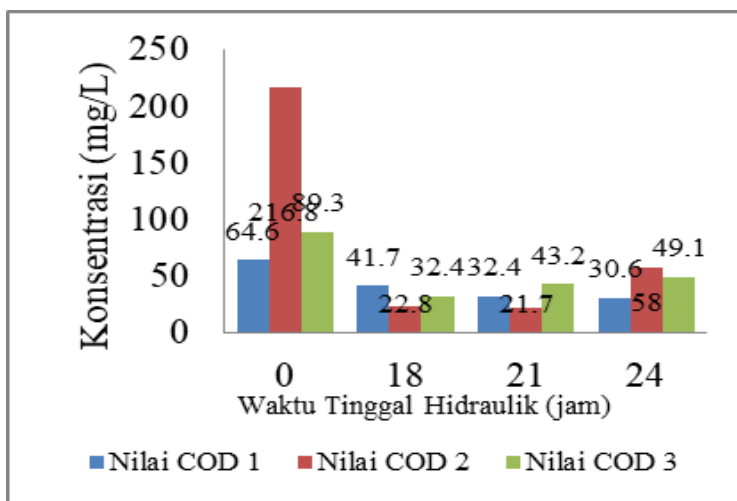
Hasil nilai konsentrasi COD pengolahan limbah rumah sakit dengan bioreaktor komposisi 3 berdasarkan waktu pengolahan pada pengulangan pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Konsentrasi COD Hasil Uji Pengolahan Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Waktu Tinggal Hidraulik Limbah dan Pengulangan Pengukuran

Pengukuran (Jam)	Nilai COD (mg/L) Pengulangan		
	1	2	3
0	64,6	216,8	89,3
18	41,7	22,8	32,4
21	32,4	21,7	43,2
24	30,6	58	49,1

Berdasarkan tabel tersebut di atas dapat dilihat bahwa nilai COD pada pengukuran 1 terjadi penurunan dari 41,7 mg/L waktu 18 jam, menjadi 32,4 mg/L waktu 21 jam dan menurun kembali menjadi 30,6 mg/L waktu 24 jam. Perbedaan yang mencolok pada bioreaktor 2 dan 3. Pada pengukuran 2 nilai COD pada waktu 18 jam adalah 22,8 mg/L, lalu menurun saat 21 jam menjadi 21,7 mg/L, kemudian melonjak menjadi 58 mg/L setelah 24 jam. Pada bioreaktor 3 saat 18 jam nilai COD adalah 32,4 mg/L, naik menjadi 43,2 mg/L waktu 21 jam, lalu naik kembali menjadi 49,1 mg/L saat 24 jam.

Fluktuasi konsentrasi nilai BOD pengolahan limbah rumah sakit dapat dilihat pada grafik gambar 2.



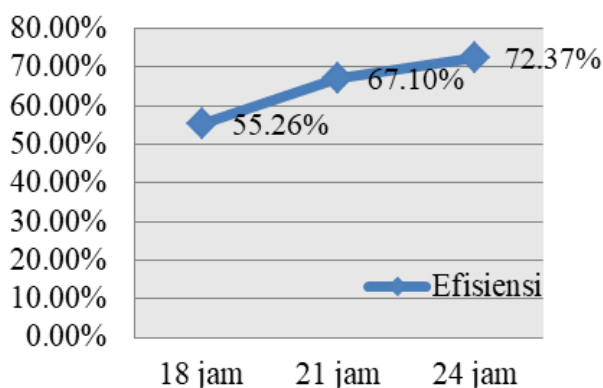
Pengolahan limbah rumah sakit menggunakan bioreaktor komposisi 3 dengan variasi waktu tinggal hidraulik dilakukan sampling limbah yang tidak diolah dan yang telah diolah. Berdasarkan data inlet dan outlet pengolahan limbah rumah sakit menggunakan bioreaktor komposisi 3 maka dapat diketahui persentase efisiensi penyisihan masing-masing polutan adalah sebagai berikut pada tabel 5.

Tabel 5. Persentase Rerata

Waktu	Efisiensi
18 jam	55,26 %
21 jam	67,10 %
24 jam	72,37 %

Efisiensi Penyisihan Polutan BOD

Berdasarkan tabel tersebut di atas dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan persentase efisiensi penyisihan polutan BOD seiring bertambahnya waktu tinggal hidraulik limbah di dalam bioreaktor. Fluktuasi efisiensi penyisihan polutan BOD limbah rumah sakit tersebut dapat dilihat pada grafik gambar 3 di halaman selanjutnya.



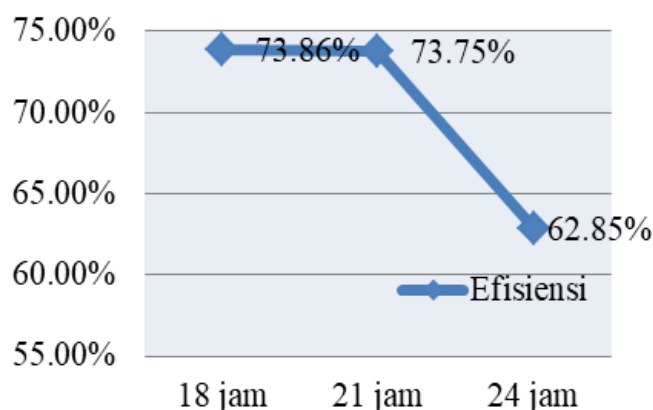
Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Polutan BOD

Hasil pengolahan limbah rumah sakit dengan bioreaktor komposisi 3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi COD limbah rumah sakit berdasarkan waktu tinggal hidraulik limbah pada pengulangan pengukuran dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Persentase Rerata Efisiensi Penyisihan Polutan COD

Waktu	Efisiensi
18 jam	73,86 %
21 jam	73,75%
24 jam	62,85 %

Berdasarkan tabel tersebut di atas dapat dilihat bahwa efisiensi cenderung berkurang. Pada waktu tinggal hidraulik 21 jam efisiensi berkurang sekitar 0,11 % dari efisiensi waktu tinggal sebelumnya yaitu 18 jam. Begitu pula halnya pada waktu tinggal hidraulik 24 jam , efisiensi berkurang sekitar 10,90 %. Fluktuasi efisiensi penyisihan polutan COD limbah rumah sakit tersebut dapat dilihat pada grafik gambar 4.



Uji statistik yang digunakan adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan penyisihan konsentrasi BOD dan COD air limbah yang bermakna antar perlakuan berdasarkan variasi waktu tinggal hidraulik limbah artifisial, sehingga dapat diperoleh nilai signifikansi efisiensi bioreaktor dalam penyisihan polutan limbah rumah sakit. Metode uji yang digunakan pada dasarnya sama dengan metode uji pengolahan limbah artifisial, data yang diperoleh diuji dengan software SPSS 19.0 dengan metode uji *One Oway Anova* taraf signifikansi 0,05. Namun pada pengolahan limbah rumah sakit ini turut diidentifikasi bakteri di dalam limbah sebelum diolah maupun setelah diolah, sehingga perlu diukur signifikansi frekuensi bakteri dengan pengujian *Crosstab Chi-Square*, sehingga dapat menggambarkan bakteri yang lebih dominan dalam pengolahan limbah ini.

Analisis perbandingan ganda rerata varian BOD antar waktu tinggal dan inlet menunjukkan semua *P-Value* < 0,05; namun *P-Value* terkecil adalah 21 jam = 0,003. Sehingga varian waktu tinggal 21 jam adalah signifikan.

Analisis perbandingan ganda rerata COD antar waktu tinggal dan inlet menunjukkan semua *P-Value* < 0,05; namun *P-Value* terkecil adalah 18 jam dan 21 jam = 0,003. Sehingga varian waktu tinggal 18 jam adalah paling signifikan.

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengkulturan bakteri tertentu, namun diupayakan peningkatan produktivitas kultur dengan cara proses semifermentasi, yaitu suatu proses yang mengabaikan mekanisme kontrol metabolisme. Pada pengukuran limbah rumah sakit yang diolah dengan bioreaktor komposisi 3 dilakukan pengukuran untuk melihat kultur bakteri dengan frekuensi dominan dalam pengolahan limbah, dengan hasil analisa adalah berikut halaman selanjutnya.

1. *Klebsiella pneumonia*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,223; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

2. *Pseudomonas sp*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,076; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah mendekati signifikansi.

3. *E.coli*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,638; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

4. *Pseudomonas aeruginosa*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,223; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

5. *Bacillus coagulans*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,325; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

6. *Klebsiella oxycoca*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,223; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

7. *Aeromonas hydrophila*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,223; yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

8. *Bacillus cereus*

Uji silang antara tiap pengukuran dengan ada atau tidaknya bakteri ini menunjukkan bahwa signifikansi adalah 0,223; yang berarti yang berarti kehadiran bakteri ini dalam pengolahan limbah tidak signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rerata penyisihan konsentrasi polutan COD dan fenol pada limbah percobaan bermakna secara statistik menggunakan bioreaktor dengan komposisi 3, yaitu 900 gram zeolit pada wadah aerob dan 2700 gram bioball pada wadah anaerob. Pemanfaatan bioreaktor komposisi 3 efisien dalam menyisihkan polutan limbah rumah sakit di bawah baku mutu.
2. Waktu tinggal hidraulik pengolahan limbah rumah sakit 18 jam adalah efisien dalam penyisihan polutan COD dan waktu tinggal hidraulik 21 jam adalah efisien dalam penyisihan polutan BOD.
3. Teridentifikasi kultur campuran di setiap waktu tinggal hidraulik limbah, dengan jenis bakteri *Pseudomonas sp* yang mendekati frekuensi dominan dalam pengolahan limbah.

REFERENSI

- Alaerts dan Santika, 1987. Metode Penelitian Air. Surabaya: Usaha Nasional
- Asmadi, 2013. Pengelolaan Limbah Medis Rumah Sakit. Gosyen Publishing. Yogyakarta
- Gasparikova *et al*, 2005. *Evaluation Anaerobic - Aerobic Treatment of Wastewater With the Use of Plants*. Journal of Environmental Studies Vol. 14 No. 1 (2005), 29-34. Poland.
- Jafrudeen dan Ahsan, 2012. *Study of Widely Used Treatment Technologies For Hospital Wastewater Their Comparative Analysis*. International Journal Advances in Engineering and Technology. November 2012, Vol. 5, Issue 1, pp. 227-240.
- Kulkarni dan Kherde, 2015. *Research on Advanced Biological Effluent Treatment: A Review*.

International Journal of Research & Review 508 Vol. 2, Issue: 8, August 2015.

- Lawrence, et al, 2002. . *Colonization, Adhesion, Agregation and Biofilm*, dalam Christon J. Hurst, *Manual of Environmental Microbiology*, 2nd.ASM Press, Washington DC.
- Pruss, 2002. Pruss, A., 2002. *Pengelolaan Aman Limbah Layanan Kesehatan*.Jakarta : Buku Kedokteran EGC.
- Said, 2005. Said, NI, 2005.*Aplikasi Bioball Untuk Media Biofilter (Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans)*. JAI Vol.1, No.1 2005
- Schroeder, 1997.*Design of Squencing Bach Reactor Activaed Sludge Processes*. In civil Engeneering for Practising and Design Engeeners 2: 33-34.
- Tampion dan Tampion, 1987.Tampion, J. dan Tampion, M., D., 1987.*Immobilized cells: principles and applications*.Cambridge University Press