

EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS* KOMBINASI MELATI AIR (*Echinodorus palaefolius*) DAN KARBON AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR COD (*Chemical Oxygen Demand*) LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT BANYUMANIK SEMARANG

Restu Andri Setiyanto¹⁾, Yusniar Hanani Darundiati²⁾, Tri Joko³⁾
Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro
Email: restuandri52@gmail.com

Abstract :: *Medical liquid waste is all wastewater originating from the activities of the hospital and contains microorganisms, toxic chemicals, hazardous radioactive and other hazardous materials. Wastewater with high organic content can cause environmental pollution. Characteristics of high organic waste water shown by the high parameter Chemical Oxygen Demand (COD) in wastewater. High levels of COD can cause a decrease in dissolved oxygen in water. Then needed alternative biological sewage treatment systems which is a Constructed Wetlands System. This research aims to determine the effectiveness of the combined Constructed Wetlands system mexican sword plant and activated carbon to reduce the COD levels. The research is a quasi experimental study with pretest-posttest design with control group. The total sample is 48 sample which 32 treatment and 16 control samples. Anova test results with significant p-value <0.05 indicates that the treatment combined mexican sword plant and activated carbon and mexican sword plant treatment and control provide varying levels of COD. The average COD level before treatment was 86.18 mg/L, 86.95 mg/L, 87.66 mg/L. The percentage decreased levels of COD in control is 30,37%, and mexican sword plant treatment is 53.98% and combined of mexican sword plant and activated carbon treatment is 69.76%. Constructed Wetlands systems capability mexican sword plant and activated carbon have been effective in lowering COD levels of hospital wastewater because the result is already well below the standards based Central Java Provincial Regulation No. 5 in 2012 of 80 mg/L. Therefore, this system can be applied to hospital wastewater treatment.*

Keywords: *Hospital Wastewater, COD, Echinodorus palaefolius, Activated Carbon*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumah sakit merupakan instansi kegiatan pokok dalam pelayanan pelayanan kesehatan yang memiliki preventif, kuratif, rehabilitasi, dan promosi.

Kegiatan tersebut akan menimbulkan dampak positif maupun negatif bagi masyarakat dan lingkungan. Dampak positif rumah sakit di antaranya adalah meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, sedangkan dampak negatifnya di antaranya adalah rumah sakit menghasilkan limbah yang berbahaya.¹

Limbah cair medis adalah semua air buangan yang berasal dari kegiatan rumah sakit dan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan dan bahan berbahaya lainnya.² Limbah cair rumah sakit dengan kandungan organik tinggi dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Karakteristik air limbah organik tinggi dapat ditunjukkan dengan tingginya parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah. Kadar COD yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut di perairan, yang dapat mengakibatkan kematian organisme akuatik seperti ikan dan menimbulkan bau busuk.^{3,4}

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang terhadap kualitas fisik, kimia dan mikrobiologi limbah cair Rumah Sakit Banyumanik ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu sesuai Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012. Kadar COD

dalam limbah cair RS Banyumanik pada pemeriksaan 3 bulan terakhir sebesar 144,6 mg/L pada bulan September 2014, 186,6 mg/L pada bulan Oktober 2014, dan 149 mg/L pada bulan Nopember 2014. Kadar ini melebihi baku mutu COD yaitu sebesar 80 mg/L.^{5,6}

Oleh karena itu diperlukan alternatif pengolahan limbah cair rumah sakit yang murah dan efisien. Mengingat karakteristik air limbah rumah sakit yang banyak mengandung bahan organik, maka alternatif sistem pengolahan limbah secara biologis dapat dijadikan pilihan utama. Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah tersebut adalah Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*).⁷

Constructed wetlands adalah sistem rekayasa yang telah didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan tumbuhan, tanah, dan mikroba yang saling berhubungan untuk membantu pengolahan limbah cair.⁸ Ada dua jenis Lahan Basah Buatan, yaitu jenis aliran permukaan (*Surface Flow*) dan aliran bawah permukaan (*Sub Surface Flow*). Namun mengingat bahwa jenis aliran permukaan (*Surface Flow*) dapat meningkatkan populasi nyamuk di sekitar lokasi IPAL, maka aliran bawah permukaan (*Sub Surface Flow*) lebih layak digunakan sebagai alternatif sistem pengolahan air limbah domestik di Indonesia.⁹ Sistem Lahan Basah Aliran

Bawah Permukaan (*Sub Surface Flow – Wetlands*) menggunakan tumbuhan yang memiliki keragaman akar, yaitu jenis tumbuhan air seperti melati air (*Echinodorus palaefolius*), dimana pada setiap akar tumbuhan terdapat mikroba akar yang mengonsumsi eksudat tumbuhan untuk menyerap polutan.¹⁰

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sarwoko pada penelitian pengolahan air limbah rumah sakit menggunakan kompos tidak stabil dan eksudat tumbuhan dalam sistem evapotranspirasi menggunakan tanaman melati air mampu menurunkan COD dari 280mg/L menjadi 21,33 mg/L.¹⁰ Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Endo Sasono dan Pungut pada penelitian penurunan kadar BOD dan COD air limbah Puskesmas Janti Kota Malang dengan metode *constructed wetland* menggunakan tanaman melati air efisien dalam menurunkan kandungan COD air limbah rata-rata 92 %.¹¹

Untuk dapat menambah kemampuan tumbuhan dalam menyerap polutan, maka dikombinasikan dengan adsorpsi karbon aktif. Karbon aktif adalah karbon (arang) yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori bahan menjadi lebih terbuka. permukaan arang aktif yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan.¹²

Berdasarkan uraian di atas maka akan dilakukan suatu penelitian tentang pengaruh sistem pengolahan air limbah dengan metode *constructed wetlands* tipe *subsurface flow system* gabungan melati air dan karbon aktif terhadap penurunan kadar dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang.

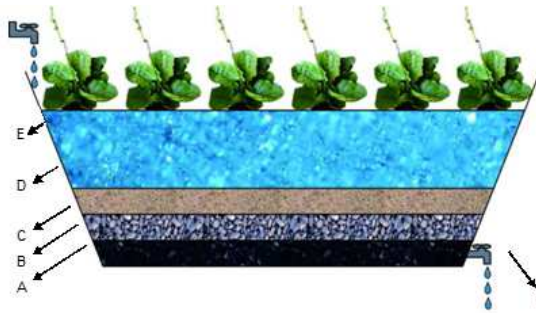
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *quasi* eksperimen yaitu meneliti efektivitas pengolahan limbah metode *constructed wetlands* tanaman melati air dan karbon aktif dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang. Rancangan dalam penelitian ini menggunakan bentuk *Pretest – Posttest design with Control Group*.

Populasi dalam penelitian ini adalah limbah cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang. Peneliti menggunakan pengulangan 16 kali, penelitian ini menggunakan 2 perlakuan dan kontrol sehingga sampel yang dibutuhkan sebanyak 48 sampel, yaitu 32 sampel perlakuan dan 16 kontrol. Dilakukan *pretest-posttest* pada kontrol dan kedua perlakuan sehingga total 96 sampel.

Instrumen atau alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah rangkaian pengolahan

constructed wetland tipe *Subsurface Flow System*.



Gambar 1. Desain *Constructed Wetlands* tipe *Subsurface Flow System* gabungan melati air dan karbon aktif.

Keterangan :

A = karbon aktif dengan tinggi 5 cm

B = kerikil dengan tinggi 5 cm

C = pasir dengan tinggi 5 cm

D = Air limbah rumah sakit

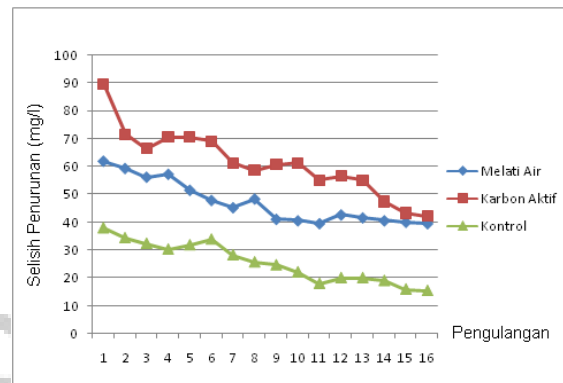
E = Tanaman melati air

F = Keran inlet air limbah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair rumah sakit dengan menggunakan sistem *Constructed Wetlands* gabungan melati air dan karbon aktif dengan perlakuan tipe *Subsurface Flow System*. Limbah cair yang dilakukan pengolahan adalah limbah

cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang.



Gambar 2. Perbandingan Grafik Selisih Penurunan Kadar COD Air Limbah Rumah Sakit.

Gambar 2 menunjukkan bahwa penurunan kadar COD pada kontrol penurunan kadar COD tertinggi adalah pada pengulangan pertama yaitu sebesar 38,07 mg/L sedangkan penurunan kadar COD terendah yaitu pada pengulangan ke-16 sebesar 15,43 mg/L. Pada perlakuan melati air penurunan kadar COD tertinggi adalah pada pengulangan pertama yaitu sebesar 61,74 mg/L sedangkan penurunan kadar COD terendah yaitu pada pengulangan ke-16 sebesar 39,62 mg/L. Pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif tertinggi adalah pada pengulangan pertama yaitu sebesar 89,52 mg/L sedangkan penurunan kadar COD terendah adalah pada pengulangan ke-16 yaitu sebesar 42,19 mg/L.

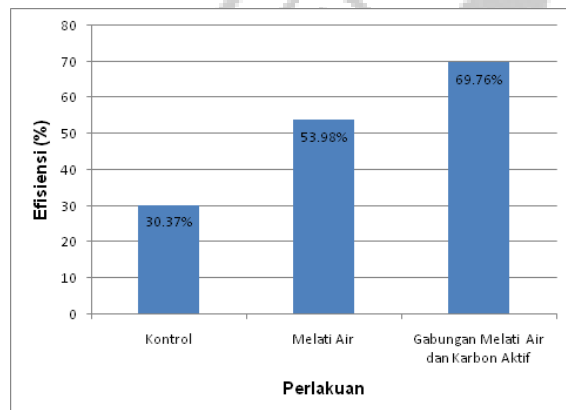
Kadar COD antara kontrol dan masing-masing perlakuan melati air dan gabungan melati air dan karbon aktif disimpulkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Perbandingan selisih kadar COD antara kontrol, melati air, dan gabungan melati air dan karbon aktif

Kadar COD (mg/L)	Kontrol	Melati air	Gabungan melati air dan karbon aktif
Rata-rata pre (mg/L)	86,18	86,95	87,66
Rata-rata post (mg/L)	60,52	39,88	26,50
Selisih (mg/L)	25,66	47,08	61,16
Efisiensi (%)	30,37	53,98	69,76

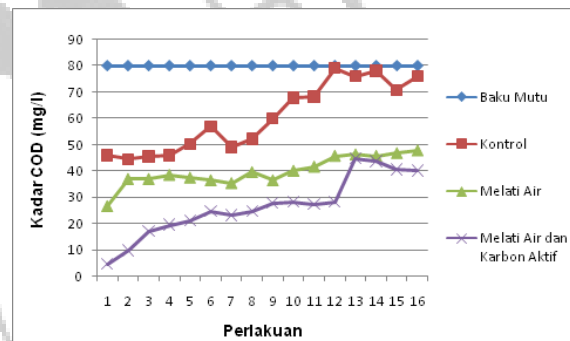
Perbandingan kadar COD rata-rata *pretest* menunjukkan hasil yang tidak terlalu jauh berbeda, hasil tertinggi yaitu pada gabungan melati air dan karbon aktif sebesar 87,66 mg/L. Hasil rata-rata *posttest* menunjukkan hasil yang berbeda,

hasil rata-rata *posttest* terendah yaitu pada gabungan melati air dan karbon aktif sebesar 26,50 mg/L sehingga didapatkan selisih tertinggi yaitu sebesar 61,16 mg/L dan efisiensi tertinggi yaitu sebesar 69,76%.



Gambar 3. Perbandingan Efisiensi Kontrol dan Perlakuan.

Gambar 3. menunjukkan bahwa perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif lebih efisien untuk menurunkan kadar COD limbah cair Rumah Sakit Banyumanik dibandingkan perlakuan melati air saja maupun Kontrol.



Gambar 4. Diagram Penurunan *Posttest* COD Dibandingkan Dengan NAB Perda Prov. Jateng No.5 tahun 2012

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada kontrol nilai *posttest* kadar COD terendah ada pada pengulangan ke-2 sebesar 44,67 mg/L dan nilai *posttest* tertinggi pada pengulangan ke-12 sebesar 79,14 mg/L. Pada perlakuan melati air nilai *posttest* kadar COD terendah ada pada pengulangan ke-1 sebesar 26,66 mg/L dan nilai *posttest* tertinggi pada pengulangan ke-16 sebesar 47,75 mg/L. Pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif nilai *posttest* kadar COD terendah ada pada pengulangan ke-1 sebesar 4,54 mg/L dan

nilai *posttest* tertinggi pada pengulangan ke-13 sebesar 44,67 mg/L. Hal ini berarti pada kedua perlakuan dan pada kontrol tersebut sudah di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 yaitu sebesar 80 mg/l. Maka dapat disimpulkan bahwa ketiganya sudah efektif dalam menurunkan kadar COD air limbah Rumah Sakit Banyumanik Semarang.

Berdasarkan uji normalitas data dengan *Shapiro Wilk*, data kadar COD didapatkan nilai *p-value* = 0,338 maka H_0 ditolak, H_1 diterima, sehingga data berdistribusi normal. Berdasarkan uji perbedaan *Anova* diketahui nilai $Sig=0.0001$ maka H_0 diterima, H_1 ditolak. Dengan demikian ada perbedaan penurunan kadar COD limbah cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang dengan perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif dengan melati air. Dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan kadar COD pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif lebih efisien dalam menurunkan kadar COD dibandingkan dengan perlakuan melati air maupun pada kontrol. Menghitung efisiensi penurunannya menggunakan rumus :

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\%$$

Keterangan : S_0 : nilai *pretest*

S : nilai *posttest*

untuk mengetahui kemampuan *constructed wetlands* melati air dan karbon aktif dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair

Rumah Sakit Banyumanik Semarang. Dan efektivitas ditentukan dengan cara melihat nilai *posttest*, dikatakan sudah efektif bila nilai *posttest* sudah di bawah baku mutu menurut Perda Propinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012 sebesar 80 mg/L

Sumber tingginya kadar COD di rumah sakit berasal dari instalasi rawat inap, instalasi bedah sentral, dan instalasi IGD. Limbah cair yang berasal dari ruang perawatan dan ruang bedah diproses ke dalam *septic tank* kemudian dialirkan ke *flow control* (pengendali arus), selanjutnya dipompa masuk ke dalam *activated filter* dari bagian dasar filter dan hasil saringannya keluar dari bagian atas. Limbah cair yang telah jernih akan mengalir menuju bak chlorinasi sebelum dibuang ke badan air.

Pretest yang dilakukan pada bulan Mei dan Juni 2015 di outlet limbah cair Rumah Sakit banyumanik sebanyak 16 kali pengulangan menunjukkan hasil rata-rata COD sebesar 87 mg/l. Hal tersebut berarti Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Banyumanik masih belum efektif untuk menurunkan kadar COD dibawah baku mutu yaitu sebesar 80 mg/l.

COD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia, dinyatakan dengan satuan milligram per liter (mg/l).¹³ Dalam hal ini buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bichromat menjadi gas CO_2 , H_2O serta sejumlah ion Chrom.

Kalium bichromat atau $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*).¹⁴

Dari penelitian ini diketahui bahwa pada kontrol sudah dapat menurunkan kadar COD hingga di bawah baku mutu yang ditentukan. Walaupun pada bak kontrol hanya terdapat lapisan pasir dan kerikil untuk menyaring air limbah hasil dari rumah sakit tanpa ditanami melati air maupun ditambahkan karbon aktif. Hal ini disebabkan karena dalam masa tinggal selama 3 hari dalam bak kontrol *Constructed Wetlands* limbah cair didiamkan, dan COD pada limbah organik biodegradabel dapat turun secara alamiah dan berproses secara aerobik dengan memanfaatkan oksigen terlarut dalam limbah organik.¹⁴ Selain itu pengolahan limbah cair dengan menggunakan saringan bermedia pasir dapat menghilangkan polutan organik, warna dan kekeruhan akibat padatan tersuspensi akibat proses penyaringan secara fisika, yaitu sedimentasi dan filtrasi.¹⁵ Sehingga Proses secara fisika ini dapat mengurangi konsentrasi COD dalam bak kontrol.

Selain itu dari rentang waktu pengambilan data awal yaitu pada bulan Desember 2014 hingga penelitian pada bulan Juni 2015, telah dilakukan perbaikan dan penyempurnaan IPAL pada Rumah Sakit Banyumanik Semarang. Pada data awal yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang kadar COD Rumah Sakit Banyumanik Semarang

selama tiga bulan terakhir yaitu September, Oktober dan November 2014 sebesar 144,6 mg/L – 186,6 mg/L. Sedangkan pada hasil *pretest* penelitian yang dilakukan pada bulan Juni rata-rata kadar COD sebesar 86,18 mg/l – 87,66 mg/l. Nilai *pretest* tersebut sudah sangat dekat dengan baku mutu yang ditentukan oleh Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 yaitu sebesar 80 mg/l, sehingga saat dilakukan perlakuan pada kontrol akan terjadi penurunan kadar COD hingga di bawah baku mutu yang ditentukan. Begitu pula pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif dan pada perlakuan melati air tanpa karbon aktif. Namun kedua perlakuan dan kontrol tersebut memiliki perbedaan efisiensi yang berarti.

Aklimatisasi tanaman dilakukan selama 10 hari, 2 hari dengan air sumur, 4 hari dengan limbah 25% dan 4 hari dengan limbah 50% nampak perubahan pada morfologi pada daun, batang dan akar. Nilai pH sangat penting dalam proses aklimatisasi, pH yang optimum untuk pertumbuhan melati air yaitu 4,5 – 7. Pada saat air limbah dimasukkan ke dalam bak *wetland* air limbah memiliki pH 6,2 sehingga sudah berada pada rentang pH dalam kondisi normal. Suhu pada reaktor tidak kalah pentingnya, suhu optimum pertumbuhan melati air yaitu 25 – 35⁰ C. Pada saat air limbah dimasukkan ke dalam bak *wetland* air limbah memiliki suhu sebesar 29⁰ C. Nilai pH dan suhu ini sudah

memenuhi syarat *constructed wetlands* sehingga tidak perlu dikondisikan.

Proses penurunan COD dalam air limbah rumah sakit dapat terjadi karena peranan tanaman melati air, adsorpsi karbon, dan bahan-bahan organik serta mikroorganisme yang ada dalam bak *wetlands*. Proses yang terjadi akibat dari zat organik yang terkandung dalam air limbah dimanfaatkan oleh melati air sebagai nutrisi dan untuk proses fotosintesis. Peranan mikroorganisme dalam reaktor ini menguraikan partikel-partikel organik dalam air dengan bantuan transfer oksigen oleh tanaman melati air. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun.¹⁶

Proses-proses yang terjadi di dalam sistem *constructed wetlands* secara lengkap meliputi proses fisika, fisika-kimia dan biokimia. Proses fisika terdiri dari proses sedimentasi dan filtrasi. Proses fisika-kimia terdiri dari proses adsorpsi bahan pencemar oleh tanaman air, sedimen dan substrat organik. Pengoptimalan proses fisik-kimia yaitu melalui penambahan karbon aktif dimana sebagai adsorban karbon dapat menjerap substansi terlarut ke dalam porinya. Adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif dengan limbah cair merupakan adsorpsi fisik. Peristiwa adsorpsi pada karbon aktif terjadi karena adanya gaya *Van der Waals* yaitu gaya tarik-menarik intermolekuler antara molekul padatan dengan solut yang

diadsorpsi lebih besar daripada gaya tarik-menarik sesama *solut* itu sendiri di dalam larutan, maka solut akan terkonsentrasi pada permukaan padatan.

Pada kelompok kontrol kadar COD mengalami penurunan sebesar 30,37%. Pada perlakuan melati air menunjukkan kadar COD mengalami penurunan sebesar 53,98%. Pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif kadar COD mengalami penurunan sebesar 69,76%. Penurunan kadar COD yang terjadi pada perlakuan sudah di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012. Hal ini berarti pada kontrol, perlakuan melati air dan perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif sudah efektif dalam menurunkan kadar COD limbah cair rumah sakit.

Penelitian dilakukan selama kurang lebih 48 hari dengan 16 kali pengulangan dan tiga hari waktu tunggu, melati air terlihat pada kondisi jenuh pada pengulangan ke-16 yaitu pada hari ke-47 menunjukkan efisiensi yang menurun tetapi tidak terlalu jauh dari pengulangan sebelumnya. Jadi, melati air merupakan tanaman air yang mempunyai daya hidup lama dan dapat secara optimal menyerap limbah meskipun dalam waktu yang lama.

Pada perlakuan gabungan melati air dan karbon aktif menunjukkan mengalami penurunan lebih banyak daripada perlakuan melati air. Hal ini berarti sistem *constructed wetlands* lebih

efisien dengan ditambahkan material karbon aktif. Proses adsorpsi karbon aktif dapat lebih memaksimalkan proses fisik-kimia sistem *constructed wetlands* dibandingkan hanya dengan melati air saja. Sedangkan pada kelompok kontrol dimana pada bak *wetlands* terdapat pasir dan kerikil hanya terjadi proses fisika yaitu sedimentasi dan filtrasi. Namun semua sudah efektif untuk menurunkan kadar COD Rumah Sakit Banyumanik Semarang sesuai baku mutu menurut Perda Propinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012

KESIMPULAN

1. *Constructed wetlands* pada kontrol sebelum pengolahan kadar COD sebesar 86,18 mg/L dan setelah masuk pengolahan *constructed wetlands* melati air kadar COD sebesar 60,52 mg/L. Selisih rata-rata kadar COD adalah 25,66 mg/L. Dan pada melati air tanpa karbon aktif sebelum pengolahan *constructed wetlands* kadar COD sebesar 86,95 mg/L dan setelah masuk pengolahan *constructed wetlands* melati air kadar COD sebesar 39,88 mg/L. Selisih rata-rata kadar COD adalah 47,08 mg/L. Sedangkan pada gabungan melati air dan karbon aktif sebelum pengolahan *constructed wetlands* kadar COD sebesar 87,66 mg/L dan setelah masuk pengolahan *constructed wetlands* gabungan melati air dan karbon aktif kadar COD sebesar 26,50
2. Efisiensi perlakuan *constructed wetlands* kontrol sebesar 30,37%, pada perlakuan *constructed wetlands* melati air sebesar 53,98%, dan pada gabungan melati air dan karbon aktif sebesar 69,76%.
3. Perlakuan *constructed wetlands* pada kontrol, dan perlakuan *constructed wetlands* melati air, dan gabungan melati air dan karbon aktif, dan sudah efektif dalam menurunkan kadar COD limbah cair Rumah sakit Banyumanik Semarang ditunjukkan dari nilai efisiensi yang diperoleh sudah dibawah NAB.
4. Pengolahan limbah cair rumah sakit menggunakan *constructed wetlands* efektif untuk diterapkan karena dapat memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan tumbuhan, tanah, dan mikroba yang saling berhubungan untuk membantu pengolahan limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

1. Khusnuryani, A. *Mikrobia Sebagai Agen Penurun Fosfat Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta. 2008
2. Mukono. *Program Nasional Pengelolaan Limbah Medis dan Program Pengelolaan Limbah Medis*

- Instansi Rumah Sakit*. Semarang : EHASA. 2014
3. Moertinah, S. *Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Air Limbah Industri Organik Tinggi*. Jurnal Riset TPPI Vol 1 No 2 : 104-114. 2010
 4. Selamat, JS. *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta : 1994
 5. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012
 6. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 58/MENLH/12/1995
 7. Supradata. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus Alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Tesis Universitas Diponegoro Semarang. 2005
 8. Greg, W, R.Young dan M, Brown. *Constructed Wetlands Manual, vol 1*. Department of Land and Water Conservation New South Wales Australia. 1998
 9. Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw Hill Comp. New York. 1993
 10. Mangkoedihardjo, Sarwoko dan Permatasari, Dewi. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Kompos Tidak Stabil Dan Eksudat Tumbuhan Dalam Sistem Evapotranspirasi*. Jurnal Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya. 2008
 11. Sasono, Endro dan Pungut. *Penurunan Kadar BOD dan COD Air Limbah UPT Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Metode Constructed Wetland*. Jurnal Teknik Waktu Vol 11 No 01 ISSN : 1412-1867. 2013
 12. Kirk, R. E and Orthmer. "Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd edition. Intersciences publishers John Wiley and Sons, Inc. New York. 1984
 13. Wardhana, A. W. *Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press. 2002
 14. Fardiaz, S. *Polutan Air dan Polusi Udara*. Yogyakarta : Kanisius. 1992
 15. Said, N.I., dan Wahjono. H.D. *Teknologi Pengolahan Air Bersih dengan Proses Saringan Pasir Lambat "Up Flow"*. Jakarta : Direktorat Teknologi Lingkungan. 1999
 16. Mthembu, M.S., Odinga, C.A., Swalaha, F.M., dan Bux, F. *Constructed Wetlands A Future Alternative Wastewater Treatment Technology*. Review (online). 2013. www.mdpi.com/journal/water diakses pada 10 desember 2015