

PENURUNAN BOD₅ DAN FENOL LIMBAH KAWASAN INDUSTRI DENGAN KETEBALAN MEDIA TRICKLING FILTER BERVARIASI

Aisyah Rahmatus Saumi dan Yayok Suryo Purnomo¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: aisrahmatus@yahoo.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman, maka kebutuhan manusia akan suatu produk juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan industri yang ada di Indonesia berkembang pesat, sehingga menghasilkan buangan berupa limbah cair yang cukup banyak. Oleh karena itu, dibangunlah sebuah sarana kawasan industri yang menampung seluruh buangan limbah tersebut. Salah satu kadar pencemar yang sering ditemukan pada air limbah kawasan industri yaitu BOD₅ dan fenol. BOD₅ mewakili beban organik yang terdapat dalam air limbah, sedangkan fenol merupakan suatu senyawa yang bersifat toksik atau berbahaya bagi manusia. Tujuan dari penelitian kali ini yaitu menurunkan kadar BOD₅ dan fenol menggunakan teknologi pengolahan biologis trickling filter dengan memvariasikan debit aliran serta ketebalan media untuk mendapatkan hasil yang paling optimum. Awal dari proses ini yaitu dengan menumbuhkan biofilm pada media, proses ini meliputi seeding atau pengembang biakan bakteri alami (biofilm), dan aklimatisasi atau proses adaptasi biofilm terhadap air limbah. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa debit aliran yang paling optimum yaitu pada debit 100 ml/menit dan ketebalan media 50 cm yang dapat menurunkan kadar BOD₅ hingga 86,9% dan kadar fenol sebesar 54,3%.

Kata kunci: Trickling Filter, Biofilm, Fenol

ABSTRACT

Along with the development of the age, then the human need for a product is also increasing. This causes the existing industries in Indonesian grow to rapidly as the produce of liquid waste. Therefore, the government built an industrial estate that accomodates all the waste disposal. One of the pollutants that often found in industrial wastewater are BOD₅ and phenol. BOD₅ represent organic loads contained in wastewater, while phenol is a compound that is toxic and harmful to humans. The purpose of this research is decrease BOD₅ and phenol levels using biological trickling filter technology by varying flow rate and media thickness to get the most optimum result. The beginning of this process is by growing biofilm on media, this process includes seeding or breeding of natural bacteria and acclimatization or biofilm adaption process to wastewater. The result of this research shows that the most optimum flow discharge is 100 ml/minute and 50 cm thickness of media which can decrease BOD₅ to 86,9% and phenol content is 54,3%.

Keywords: Trickling Filter, Biofilm, Phenol

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan manusia pun semakin meningkat sehingga menyebabkan tingkat produksi oleh suatu industri pun akan semakin meningkat pula. Semakin padat kegiatan industri menyebabkan semakin banyak pula limbah yang harus diolah, namun karena keterbatasan lahan maka saat ini semakin sulit untuk mendapatkan lokasi penempatan instalasi pengolahan. Oleh karena itu, untuk memudahkan dan meminimalkan dampak lingkungan akibat limbah buangan industri, pemerintah mulai menggalakkan adanya pendirian kawasan industri.

Dengan adanya kawasan industri, maka limbah yang dihasilkan oleh industri dapat diolah secara komunal dalam satu instalasi pengolahan. Namun dikarenakan berasal dari berbagai macam industri, maka limbah yang diolah pun memiliki karakteristik yang sangat kompleks dengan kandungan beban pencemar yang cukup tinggi. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya terdapat kurang lebih 16 parameter pencemar yang harus diperhatikan sebelum limbah kawasan industri tersebut dibuang ke badan air. Dari sekian banyak parameter, terdapat dua pencemar yang akan diturunkan dalam penelitian ini yaitu BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan senyawa fenol.

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf & Eddy, 1991). Konsentrasi BOD pada limbah menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian yang tersuspensi, sehingga apabila nilai BOD tinggi jumlah oksigen terlarut yang ada pada badan air pun akan semakin berkurang, menimbulkan bau yang tidak sedap dan mengakibatkan kematian pada biota air.

Senyawa fenol adalah bahan toksik yang bisa menghambat proses degradasi biologi oleh mikroba tertentu (Metcalf & Eddy, 1991). Senyawa fenol dapat menimbulkan rasa dan bau

tidak sedap serta pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme yang hidup didalam badan air. Pada manusia, konsentrasi pencemar yang tinggi dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti pada paru-paru, ginjal, dan limpa serta dapat menyebabkan kegagalan sirkulasi darah dan kematian akibat kegagalan pernafasan.

Sebelum keluar ke badan air, dibutuhkan pengolahan terhadap limbah kawasan industri, salah satunya adalah dengan menggunakan pengolahan biologis *trickling filter*. *Trickling filter* adalah sistem pengolahan aerobik yang memanfaatkan mikroorganisme melekat pada media untuk menghilangkan bahan organik dari limbah cair (EPA, 2000). Pada pengaplikasian *trickling filter*, media memegang peranan cukup penting sehingga media harus bersifat kuat, keras, tahan tekanan, tahan lama, dan tidak mudah berubah bentuk. Menurut Metcalf & Eddy (1991), ketebalan media *trickling filter* rata-rata adalah 2 meter.

Menurut Jaya (2014), ketebalan media ditentukan dengan cara konversi yakni menggunakan perbandingan 1:10. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dilakukan proses degradasi limbah pada reaktor *trickling filter* skala laboratorium menggunakan media *bioball* jenis rambutan berdiameter 5 cm dengan ketebalan media yang dibuat berbeda yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm untuk mengetahui ketebalan media yang paling efisien untuk proses degradasi dalam reaktor *trickling filter*. Selain memvariasikan ketebalan media, juga akan divariasikan debit aliran (ml/menit). Debit aliran merupakan faktor utama yang mempengaruhi hasil saringan dalam pengolahan limbah menggunakan sistem biofilter. Menurut Aji (2015), debit aliran terbaik yaitu 110 ml/menit dengan efisiensi penyisihan BOD₅ sebesar 79,89% dan debit aliran terbaik yaitu 100 ml/menit dengan efisiensi penyisihan BOD₅ sebesar 84,11%. Mengacu pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian kali ini debit aliran yang akan divariasikan yaitu 100 ml/menit, 200 ml/menit, 300 ml/menit, 400 ml/menit, dan 500 ml/menit. Hal yang menjadi pembeda dari penelitian sebelumnya yaitu variasi debit aliran, rasio resirkulasi, dan media filter yang digunakan.

METODE PENELITIAN

BAHAN DAN PERALATAN PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah air limbah kawasan industri PT Surabaya Industrial Estate Rungkut dan aquades. Beberapa peralatan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Reaktor *trickling filter* terbuat dari kaca dengan tebal 5 mm, ukuran reaktor yaitu 20 cm x 20 cm x 70 cm
2. Bak penampung limbah dengan volume 50 liter
3. Bak resirkulasi limbah dengan volume 50 liter
4. Bak *clarifier* limbah dengan volume 19 liter
5. Pipa pvc ukuran 1/2"
6. Keran
7. Pompa air
8. Aerator
9. Media *bioball* jenis rambutan terbuat dari plastik pvc dengan diameter 5 cm

VARIABEL PENELITIAN

Variabel Perlakuan

1. Ketebalan media *trickling filter* (cm)
10; 20; 30; 40; 50
2. Debit Aliran (ml/menit)
100; 200; 300; 400; 500

Variabel Tetap

1. Volume reaktor = 28 liter
2. Jenis media = *bioball* diameter 5 cm, terbuat dari plastik pvc
3. Jenis aerasi = aerasi merata
4. Rasio resirkulasi = 50%
5. pH = 6 – 9
6. Suhu = 25°C–37°C

PARAMETER DIAMATI

- a. Fenol
- b. BOD₅
- c. Suhu
- d. pH

HASIL DAN PEMBAHASAN

ANALISA AWAL

Tabel -1: Analisa Awal Limbah Kawasan Industri

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
BOD ₅	mg/l	821,56
Fenol	mg/l	12,9
pH	-	6,9
Suhu	°C	30

Setelah dilakukan analisa awal, maka akan dilakukan proses *seeding* atau proses penumbuhan *biofilm* pada media *trickling filter*.

Apabila *biofilm* sudah bertumbuh lebih dari 80% maka dapat dilakukan proses selanjutnya yaitu aklimatisasi atau proses penyesuaian *biofilm* dengan limbah yang akan diproses. Setelah itu baru dapat dilakukan *running* atau proses degradasi. Seluruh proses tersebut dilakukan secara kontinyu dengan aliran *downflow* yaitu pengaliran berlanjut limbah kawasan industri melalui pipa distribusi dari atas reaktor menuju media berupa media *bioball* dengan jenis rambutan yang telah ditumbuhi oleh *biofilm*.

SEEDING

Dalam proses pengolahan biologis dengan sistem *attached growth*, bakteri dibiarkan hidup pada media. Pengolahan dengan proses *attached growth* dilakukan dengan membiakkan mikroba pada padatan pendukung sehingga membentuk lapisan tipis yang disebut *biofilm* (Laksono, 2012). *Biofilm* adalah lapisan yang terbentuk oleh koloni sel-sel mikroba dan melekat pada permukaan substrat berada dalam keadaan diam, karakter berlendir, dan tidak mudah lepas (Laksono, 2012).

Pada penelitian kali ini, mikroorganisme yang berasal dari limbah kawasan industri dibiarkan hidup pada media *trickling filter* berupa *bioball* dengan jenis rambutan. Untuk membentuk *biofilm* dilakukan proses *seeding* atau pembiakan mikroba secara alami yaitu dengan langsung membiakkan mikroorganisme didalam reaktor dengan cara mengalirkan air limbah kawasan industri secara kontinyu kedalam reaktor. Air limbah kawasan industri dipilih untuk pembiakan ini dikarenakan limbah kawasan industri mengandung sumber karbon yang cukup diperlukan mikroorganisme untuk hidup serta mikroorganisme yang terkandung pada air limbah tersebut telah terbiasa dengan adanya senyawa-senyawa pencemar. Dengan demikian, proses pembiakan tidak perlu memakan waktu yang terlalu lama dan juga sumber karbon tetap dijaga dengan cara menambahkan nutrisi.

Penyusunan media juga termasuk ke dalam faktor penentu pertumbuhan *biofilm*. Jika tidak ada celah atau rongga pada media, air limbah tidak akan dapat menjangkau seluruh permukaan media (Jaya, 2014). Pertumbuhan *biofilm* diamati selama 14 hari, air limbah dialirkan dengan debit 200 ml/menit secara kontinyu dengan aliran *downflow*. Proses

seeding dianggap berhasil ditandai dengan permukaan media yang berubah menjadi agak licin dan berlendir apabila dipegang.



Gambar -1: Proses *Seeding* yang Menghasilkan Biofilm

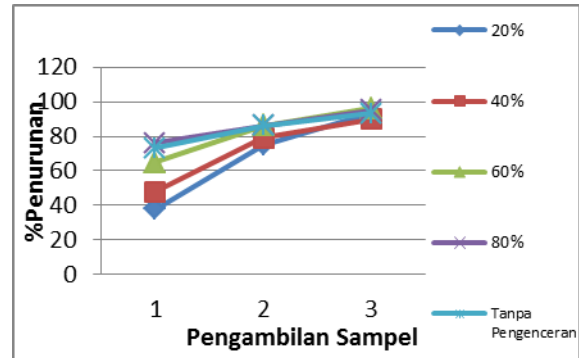
AKLIMATISASI

Proses aklimatisasi adalah pengadaptasian mikroorganisme terhadap air limbah yang akan diolah. Akhir dari proses aklimatisasi adalah ketika lapisan *biofilm* yang terbentuk semakin tebal dan efisiensi penurunan konsentrasi COD cukup tinggi dan stabil (Laksono, 2012). Aklimatisasi dilakukan hingga konsentrasi COD tidak mengalami perubahan yang cukup besar, yang mana pada saat itu bakteri telah dianggap aktif untuk proses degradasi (Laksono, 2012).

Tahapan aklimatisasi perlu dilakukan karena pada dasarnya tujuan dari aklimatisasi adalah untuk mengadaptasikan mikroorganisme pada lingkungan yang berbeda agar tidak terjadi *shock* yang dapat membuat mikroorganisme yang telah terbentuk melalui *biofilm* menjadi mati dan tidak dapat mendegradasi faktor pencemar. Proses aklimatisasi berjalan seperti proses *seeding*, yaitu dengan mengalirkan air limbah dengan debit 200 ml/menit secara kontinyu dengan aliran *downflow*.

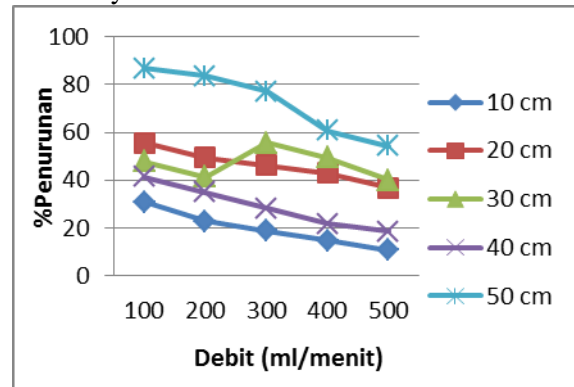
Tabel -2: Tahapan Aklimatisasi (Durasi 5 Hari)

Tahapan	Air Pengencer (%)	Air Limbah Kawasan Industri (%)
Tahap I	80	20
Tahap II	60	40
Tahap III	40	60
Tahap IV	20	80
Tahap V	0	100



Grafik -1: Hubungan Antara Waktu Pengambilan Sampel Tiap Tahap Pengenceran dengan Penyisihan Kadar COD pada Saat Aklimatisasi

Satu tahapan proses aklimatisasi dianggap berhasil yaitu diindikasikan dengan semakin meningkatnya efisiensi penghilangan COD, proses aklimatisasi dikatakan selesai apabila efisiensi penghilangan COD sudah mencapai 90% (Said, 2005). Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa pada pengambilan sampel ketiga, efisiensi penghilangan COD sudah mencapai lebih dari 90% sehingga proses aklimatisasi dianggap selesai dan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

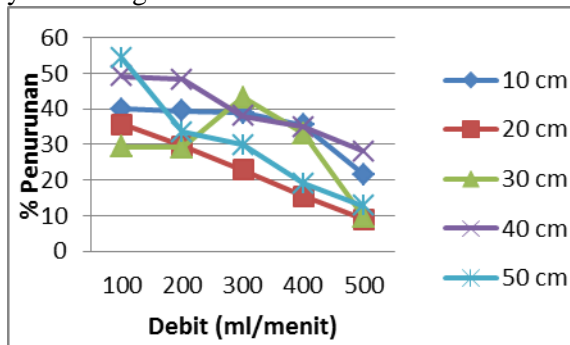


Grafik -2: Hubungan Debit Aliran dan Ketebalan Media Terhadap Penyisihan BOD₅ Setelah Proses Degradasi

Grafik 2 menunjukkan hubungan variabel bebas terhadap variabel yang ditinjau yaitu kadar BOD₅. Pada masing-masing perlakuan terdapat interaksi antara debit aliran dan ketebalan media pada reaktor *trickling filter* terhadap penyisihan kadar BOD₅. Dapat disimpulkan bahwa debit aliran terbaik terjadi pada debit 100 ml/menit yaitu dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 86,9%. Semakin lambat debit aliran maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi dan sebaliknya jika debit aliran semakin cepat maka efektivitas penurunan kadar pencemarnya semakin rendah. Hal ini dapat terjadi karena semakin lambat

debit aliran maka waktu kontak yang dilakukan antara air limbah dengan *biofilm* pun semakin panjang. Proses penyaringan tidak akan dapat berjalan sempurna apabila debit aliran terlalu cepat melewati rongga diantara media *trickling filter* (Sarasdewi, dkk., 2015).

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan pula bahwa penyisihan kadar BOD₅ terbaik pada ketebalan 50 cm dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 86,9%. Semakin tebal atau tinggi lapisan media filter maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi. Media *trickling filter* memiliki peran besar sebagai tempat melekat *biofilm* yang berfungsi untuk mendegradasi bahan organik *biodegradable* yang ada dalam limbah (Jaya, 2014). Hal ini dapat terjadi karena semakin tebal media *trickling filter*, maka semakin luas pula permukaan yang dapat ditumbuhi oleh mikroorganisme. Permukaan media yang luas memungkinkan terjadinya pembentukan *biofilm* yang lebih banyak sehingga kandungan bahan pencemar yang didegradasi juga semakin besar. Walaupun penyisihan kadar BOD₅ tertinggi mencapai 86,9% dengan kadar pencemar sebesar 107,95 mg/l namun hasil ini masih belum dapat memenuhi standar baku mutu air limbah kawasan industri pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yaitu 50 mg/l.



Grafik -3: Hubungan Debit Aliran dan Ketebalan Media Terhadap Persentase Penyisihan Fenol Setelah Proses Degradasi

Grafik 3 menunjukkan hubungan variabel bebas terhadap variabel yang ditinjau yaitu kadar fenol. Pada masing-masing perlakuan terdapat interaksi antara debit aliran dan ketebalan media pada reaktor *trickling filter* terhadap penyisihan kadar fenol. Dapat disimpulkan bahwa debit aliran terbaik terjadi pada debit 100 ml/menit yaitu dengan nilai penyisihan kadar fenol mencapai 54,3%. Semakin lambat debit aliran maka efektivitas penurunan kadar

pencemar semakin tinggi dan sebaliknya jika debit aliran semakin cepat maka efektivitas penurunan kadar pencemarnya semakin rendah (Sarasdewi, dkk., 2015). Hal ini dapat terjadi karena semakin lambat debit aliran maka waktu kontak yang dilakukan antara air limbah dengan *biofilm* pun semakin panjang. Proses penyaringan tidak akan dapat berjalan sempurna apabila debit aliran terlalu cepat melewati rongga diantara media *trickling filter* (Sarasdewi, dkk., 2015).

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penyisihan kadar fenol terbaik pada ketebalan 50 cm dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 54,3%. Semakin tebal atau tinggi lapisan media filter maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi. Menurut Jaya (2014), media *trickling filter* memiliki peran besar sebagai tempat melekat *biofilm* yang berfungsi untuk mendegradasi bahan organik *biodegradable* yang ada dalam limbah. Hal ini dapat terjadi karena semakin tebal media *trickling filter*, maka semakin luas pula permukaan yang dapat ditumbuhi oleh mikroorganisme. Permukaan media yang luas memungkinkan terjadinya pembentukan *biofilm* yang lebih banyak sehingga kandungan bahan pencemar yang didegradasi juga semakin besar. Hasil dari penelitian ini sekaligus membuktikan bahwa pengolahan menggunakan *trickling filter* dapat mendegradasi senyawa fenol dengan cukup baik yaitu mencapai 54,3%, namun hasil ini masih belum cukup baik jika menggunakan lumpur aktif anaerob yaitu dengan penyisihan mencapai 99,87% dan menggunakan reaktor hibrida plasma dingin yaitu dengan penyisihan mencapai 88,58%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan dengan menggunakan teknologi *trickling filter* dapat menurunkan kadar BOD₅ pada limbah kawasan industri dengan efisiensi penyisihan sebesar 86,9%.
2. Pengolahan dengan menggunakan teknologi *trickling filter* dapat menurunkan kadar fenol pada limbah kawasan industri dengan efisiensi penyisihan sebesar 54,3%.
3. Ketebalan media yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD₅ dan fenol pada limbah kawasan industri yaitu 50 cm. Semakin tebal media yang digunakan maka akan semakin besar luas permukaan yang

- dapat ditumbuhi oleh *biofilm* sehingga proses degradasi akan berjalan semakin baik.
4. Debit aliran yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD₅ dan fenol pada limbah kawasan industri yaitu 100 ml/menit. Semakin kecil debit aliran yang digunakan, maka akan semakin lama waktu kontak antara limbah dengan *biofilm* sehingga proses degradasi akan berjalan semakin baik.
 5. Hasil pengolahan air limbah pada penelitian ini belum mencapai standar baku mutu air limbah kawasan industri pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yaitu kadar BOD₅ sebesar 50 mg/l dan kadar fenol sebesar 1 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Septian. (2015). *Penurunan Bahan Organik (BOD & Fosfat) Pada Limbah Laundry dengan Sistem Biofilter Fakultatif*. Surabaya: Teknik Lingkungan UPN Veteran Jawa Timur
- EPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Trickling Filters*. Washington D.C.
- Jaya, Sumansah. (2014). *Efektivitas Penurunan BOD₅ Limbah Cair Rumah Tangga Pada Berbagai Media Trickling Filter*. Purwokerto: Ilmu Perikanan dan Kelautan Universitas Jenderal Soedirman
- Laksono, Sucipta. (2012). *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Depok: Teknik Lingkungan Universitas Indonesia
- Metcalf & Eddy. (1991). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: Mc. Grawhill.
- Said, Nusa Idaman. 2005. *Aplikasi Bio-Ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean*. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Sarasdewi, A. P., Antara, N. S., & W. A. A. P. Agung S. (2015). Pengaruh Laju Aliran Terhadap Penurunan Cemar Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Biofilter. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3(2), 17–29