

PENURUNAN BOD, TSS DAN TOTAL-N MENGGUNAKAN MIKROORGANISME INDIGEN LIMBAH CAIR TAHU DENGAN PROSES MBBR

Dewa Gede Arya Sekar Laksana dan Yayok Suryo Purnomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: yayoksuryo@gmail.com

ABSTRAK

Industri tahu merupakan usaha yang didirikan untuk pengembangan kegiatan di bidang bagian pangan yang menghasilkan limbah cair yang dapat menimbulkan pencemaran sehingga merusak lingkungan. Salah satu pengolahan biologis yang bisa digunakan yaitu *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan memanfaatkan mikroorganisme indigen pada limbah cair tahu. Proses MBBR pada prinsipnya adalah proses lumpur aktif yang di kembangkan dengan penambahan media yang bergerak dan aerasi pada reaktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja MBBR dalam menurunkan kandungan BOD, TSS dan Total N pada air limbah cair tahu. Media yang digunakan adalah media spoon. Variasi debit udara yang digunakan yaitu 3, 3.5, 6, 7 dan 9 L/min. Variasi selanjutnya adalah waktu sampling yang dimulai dari 0, 6, 8, 12 dan 16 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan MBBR dan mikroorganisme indigen paling optimum yaitu pada pada variasi debit udara 3.5 L/min pada waktu sampling 16 jam. Reaktor MBBR mampu menurunkan BOD sebesar 85%, TSS sebesar 91% dan Total N sebesar 83.2%.

Kata kunci: *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Limbah Cair Tahu*

ABSTRACT

Tofu industry is a business that is established in the context of developing activities in the food sector have a negative impact is in the form of waste which causes pollution problems so that it can damage the environment. One of the biological treatments that can be used is the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) process by utilizing independent microorganisms in tofu liquid waste. The MBBR process is principally an activated sludge process which is enhanced by the addition of moving media and aeration to the reactor. This study aims to determine the performance of MBBR in reducing the content of BOD, TSS and Total N in tofu wastewater. the media used is spoon media. variations of air flow used are 3, 3.5, 6, 7 and 9 L / min. The next variation is the sampling time starting from 0, 6, 8, 12 and 16 hours. The results of this study indicate that the optimum ability of MBBR and indigenized microorganisms is the variation of air flow rate of 3.5 L / min at 16 hours of sampling time. the MBBR reactor was able to reduce BOD by 85%, TSS by 91% and Total N by 83.2%.

Keywords: *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Tofu Wastewater*

PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan usaha yang didirikan untuk pengembangan kegiatan di bidang bagian pangan yang menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Limbah cair tahu yang dihasilkan adalah air dadih yang mengandung kadar protein dan bahan organik yang dapat segera terurai oleh mikroorganisme. Limbah cair dibuang secara langsung tanpa diolah sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari badan air. Sumber limbah cair tahu berasal dari pencucian alat produksi dan kedelai, perendaman, pengepresan dan pencetakan tahu. Limbah cair ini mengandung bahan pencemar seperti BOD, TSS dan Total-N.

Proses pengolahan limbah cair khususnya mengandung senyawa organik, pengolahan yang digunakan adalah pengolahan biologi dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme. Salah satu teknologi pengolahan biologi adalah *moving bed biofilm reactor (MBBR)*.

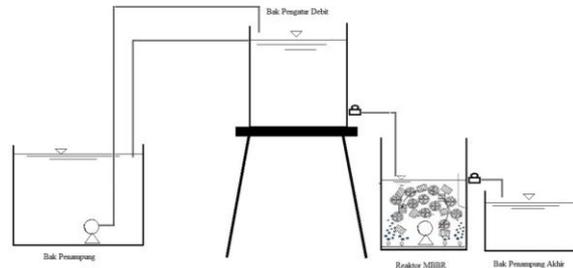
MBBR adalah proses lumpur aktif dengan menambahkan media ke dalam reaktor aerasi. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Biocube*. Media tersebut memiliki luas permukaan yang cukup besar untuk mengoptimalkan kontak antara limbah cair, udara dan mikroorganisme. Mikroorganisme akan tumbuh melekat pada media yang digunakan dan akan membentuk biofilm. Didalam reaktor, media akan bergerak yang disebabkan karena pengadukan oleh sistem aerasi sehingga lapisan biofilm yang melekat tidak mudah lepas dan kemampuan mikroorganisme dalam menyerap oksigen dan substrat menjadi lebih optimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dimana reaktor yang akan digunakan dioperasikan dengan sistem *continueu* dengan proses aerobik/penambahan aerasi.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan didalam penelitian adalah reaktor MBBR berbentuk bulat/toples berbahan plastik, media biocube, bak penampung, bak pengatur debit, aerator dan bak sedimentasi. Bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu.



Gambar-1 : Desain reaktor MBBR *continueu*

Keterangan :

1. Bak penampung kapasitas 120 liter
2. 5 Bak pengatur debit
3. 5 Reaktor MBBR 16 liter terisi media
4. Bak sedimentasi

Variable Penelitian

- a. Variasi waktu sampling (jam): 0, 6, 8, 12 dan 16 jam
- b. Debit udara (liter/menit): 3, 3.5, 6, 7 dan 9 liter/menit
- c. Volume limbah 10 liter
- d. pH 6,6 – 9
- e. DO > 2 mg/l
- f. Td 3 jam
- g. Media 20% dari volume reaktor

Penelitian Pendahuluan

Hasil analisa karakteristik awal limbah cair tahu

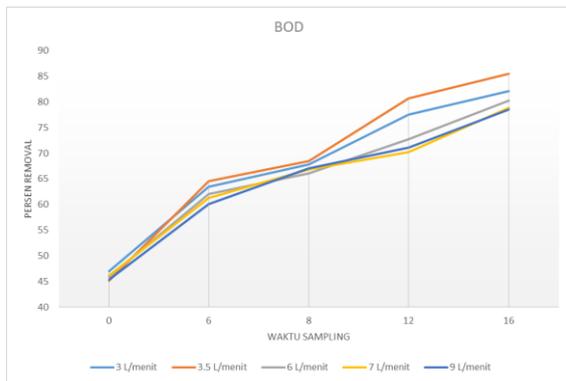
| No. | Parameter | Hasil |
|-----|------------------|------------|
| 1 | BOD ₅ | 788.2 mg/L |
| 2 | TSS | 595 mg/L |
| 3 | Total N | 42.7 mg/L |

Seeding dan Aklimatisasi

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan proses seeding kemudian aklimatisasi yang berlangsung selama \pm 30 hari. Seeding bertujuan untuk mengembangbiakkan mikroorganisme hingga terbentuk biofilm

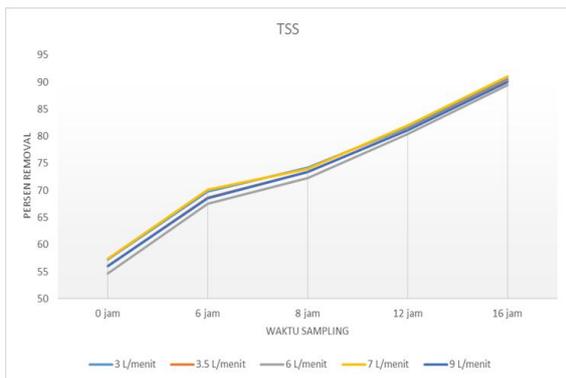
pada media biocube. Setelah terbentuk biofilm pada media, dilanjutkan dengan aklimatisasi. Aklimatisasi bertujuan mendapatkan keadaan biofilm yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air limbah yang baru.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengaruh Debit Udara Dan Waktu Sampling Terhadap Penurunan Kandungan Polutan (BOD, TSS dan Total-N)



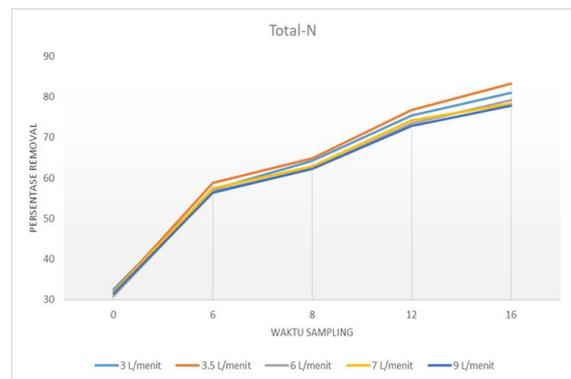
Grafik -1 Hubungan Debit Udara Dan Waktu Sampling Terhadap % Removal BOD

Grafik diatas menunjukkan persen removal pada penurunan kandungan BOD. Reaktor dengan debit udara 3 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 47%, 63%, 68%, 78% dan 82%. Reaktor dengan debit udara 3,5 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 45%, 65%, 68%, 81% dan 85%. Reaktor dengan debit udara 6 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 46%, 62%, 66%, 73% dan 80%. Reaktor dengan 7 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 46%, 61%, 67%, 70% dan 79%. Reaktor dengan 9 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 45%, 60%, 67%, 71% dan 78%.



Grafik -2 Hubungan Debit Udara Dan Waktu Sampling Terhadap % Removal TSS

Grafik diatas menunjukkan persen removal pada penurunan kandungan TSS. Reaktor dengan debit udara 3 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 57%, 70%, 74%, 82% dan 91%. Reaktor dengan debit udara 3,5 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 56%, 69%, 73%, 81% dan 90%. Reaktor dengan debit udara 6 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 55%, 68%, 72%, 80% dan 89%. Reaktor dengan 7 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 57%, 70%, 74%, 82% dan 91%. Reaktor dengan 9 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 56%, 69%, 73%, 81% dan 90%.



Grafik -3 Hubungan Debit Udara Dan Waktu Sampling Terhadap % Removal Total-N

Grafik diatas menunjukkan persen removal pada penurunan kandungan Total-N. Reaktor dengan debit udara 3 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 33%, 57%, 64%, 75% dan 81%. Reaktor dengan debit udara 3,5 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 32%, 59%, 65%, 77% dan 83%. Reaktor dengan debit udara 6 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 31%, 57%, 62%, 73% dan 79%. Reaktor dengan 7 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 32%, 57%, 63%, 74% dan 78%. Reaktor dengan 9 L/menit menghasilkan persen removal sebesar 31%, 56%, 62%, 73% dan 78%.

Penurunan kandungan polutan terjadi karena adanya perlakuan dengan menambahkan aerasi ke dalam air limbah. Pengaruh itu menandakan semakin tinggi debit udara (liter/menit) yang dimasukan ke dalam air limbah, maka penurunan kandungan polutan pada air limbah semakin tinggi. menurut Schierholz et al 2006, semakin tinggi debit

udara dan kedalaman air maka bisa dipastikan semakin tinggi kontak udara dengan air. Dengan begitu proses oksidasi dapat menurunkan kandungan polutan dengan baik. Besarnya transfer oksigen akan berefek pada suplai oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menurunkan senyawa organik. Akibat tingginya suplai oksigen menyebabkan proses degradasi menjadi lebih baik (Octy et al., 2015). Oksigen dalam reaktor harus dijaga karena oksigen berperan pada proses oksidasi, sintesis dan respirasi sel (Said, 2017). Injeksi udara yang dilakukan bukan hanya untuk menambahkan oksigen ke reaktor, tetapi juga digunakan dalam proses pengadukan secara turbulensi agar zat organik merata dan dapat diuraikan oleh mikroorganisme serta menggerakkan media didalam reaktor. Pada pengadukan secara turbulensi, mikroorganisme akan menyerap substrat lebih optimal (Said & Sya'bani, 2014).

Pendegradasian kandungan polutan dapat terjadi karena senyawa organik pada air limbah terdifusi ke dalam biofilm yang melekat, mikroorganisme akan menguraikan menjadi zat yang lebih sederhana (Said, 2017). Tingginya nilai BOD pada air mengindikasikan adanya kandungan zat organik yang tinggi. dengan adanya oksigen pada proses aerob, proses oksidasi dapat berlangsung. Bahan-bahan organik akan diubah menjadi produk yang lebih stabil dan sisanya akan disintesis menjadi mikroorganisme baru (Said & Santoso, 2015).

Secara umum reaksinya adalah:
Senyawa organik + O₂ → CO₂ + H₂O + Sel baru + Energi

Hasil reduksi dari zat organik menghasilkan zat yang relatif lebih stabil (CO₂ dan H₂O), selain itu terbentuk juga biomassa dan energi untuk metabolisme mikroorganisme. Metabolisme yang terjadi adalah proses oksidasi dan respirasi, didalam proses ini senyawa organik yang diurai mikroorganisme menghasilkan energi untuk pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan proses anabolisme untuk berkembang biak bakteri dengan menggunakan energi yang diperoleh melalui proses oksidasi dan respirasi. Proses perubahan substrat berlangsung pada suatu kelompok protein yang sangat berperan penting didalam proses biologis, yaitu enzim yang bersifat

katalis. Proses metabolisme pada mikroorganisme sebagai berikut (Said, 2017):

Oksidasi :
COHNS + O₂ + bakteri → CO₂ + NH₃ + produk + energi akhir

Sintesis :
COHNS + O₂ + bakteri + energi → C₅H₇NO₂ (sel bakteri baru)

Respirasi :
C₅H₇NO₂ + 5O₂ → 5CO₂ + NH₃ + H₂O + energi

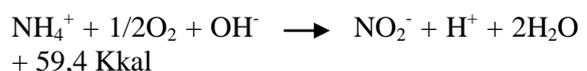
Mikroorganisme menghasilkan enzim protease yang akan dipakai untuk pemecahan kandungan organik (Kusuma et al., 2019). Adanya pemecahan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dapat menurunkan konsentrasi BOD pada air limbah.

Penurunan TSS (Total Suspended Solid) terjadi seiring bertambahnya waktu sampling. TSS terdiri dari zat organik dan anorganik seperti lumpur. TSS yang berupa zat organik akan direduksi oleh mikroorganisme di reaktor. TSS yang berupa flok akan diendapkan di bak pengendap. Sehingga tingginya penyisihan TSS disebabkan karena penyisihan yang terjadi di dua tempat (Said & Santoso, 2015). Sampling untuk analisa parameter TSS ini dilakukan pada bak penampung effluen atau bak pengendap akhir, dimana TSS yang berupa flok sudah diendapkan dengan adanya waktu sampling.

Komponen nitrogen dalam air limbah yang berupa NH₃ jika berada dalam kondisi kaya oksigen akan mengalami oksidasi nitrit dan nitrat dengan bantuan bakteri nitrosomonas, kadar NH₃ akan berkurang (Said & Sya'bani, 2014). Kadar NH₃ yang tinggi dapat menunjukkan adanya pencemaran. Penghilangan amoniak secara biologis dapat terjadi karena adanya proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Proses pada nitrifikasi terjadi dalam dua tahap, yaitu tahap nitritasi dan tahap nitrasi, dengan reaksi sebagai berikut:

Tahap nitritasi (ammonia menjadi nitrit)

Nitrosomonas :



Tahap nitrasi (nitrit menjadi nitrat)

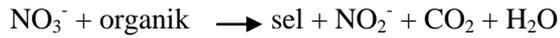
Nitrobacter



Secara keseluruhan, proses nitrifikasi sebagai berikut :



Sedangkan denitrifikasi adalah proses nitrat diubah menjadi nitrit dan kemudian gas nitrogen. Reaksi penguraian nitrit dan nitrat sebagai berikut:



Pada proses continueu menggambarkan keadaan yang stabi dengan kenaikan persen removal yang tidak terlalu signifikan. Setelah mencapai kondisi stabil, dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme pengurai telah tumbuh dan bekerja dengan baik (Siad & Sya' bani, 2014). Penurunan kandungan polutan yang mencapai kondisi stabil ini juga menunjukkan bahwa proses continueu pada reaktor berjalan dengan baik. Penurunan kandungan polutan terjadi seiring dengan bertambahnya waktu sampling.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mikroorganisme indigen pada limbah cair tahu dengan proses MBBR menunjukkan persen removal untuk BOD₅ mencapai 85.48%, TSS mencapai 91.01% dan Total N mencapai 83.2%.
2. Penurunan kandungan polutan secara stabil seiring bertambahnya waktu sampling menunjukkan bahwa mikroorganisme dan proses MBBR telah bekerja dan berjalan dengan baik. Hasil paling optimum dalam penelitian ini terjadi pada reaktor dengan debit udara 3.5 L/menit dan waktu sampling selama 16 jam.

DAFTAR PUSTAKA

Denny Yan Rustanto, N. K. (2012). Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Biofilter Dan Karbon Aktif. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI*, 1–8.

Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2014). PENGARUH VARIASI BIOMASSA *Pistia stratiotes* L. TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU DI DUSUN KLERO SLEMAN YOGYAKARTA. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, 4(1), 1–16.

Isyuniarto, I., & Andrianto, A. (2009). Pengaruh Waktu Ozonisasi Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Tss Dan Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit. *GANENDRA Majalah IPTEK Nuklir*, 12(1), 45–49.

Kaswinarni, & Fibria. (2007). Industri Tahu Program Pascasarjana. *Universitas Stuttgart*.

Kim, B. K., Chang, D., Son, D. J., Kim, D. W., Choi, J. K., Yeon, H. J., Yoon, Y., Fan, Y., Lim, S. Y., & Hong, K. H. (2011). Wastewater Treatment in Moving-Bed Biofilm Reactor operated by Flow Reversal Intermittent Aeration System. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 5(12), 867–870.

Lestari, P. B. (2016). Biodegradasi Limbah Cair Tahu Dari Mikroorganisme Indigen Sebagai Bahan Ajar Mikrobiologi Lingkungan Di Perguruan Tinggi. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 2(1), 84.

Muhajir, M. S. (2013). *Penurunan Limbah Cair BOD Dan COD Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dengan Sistem Constructed Wetland*.

MUNAWAR, M. (2015). *Biodiversitas bakteri indigen dan kontribusinya dalam pengelolaan lingkungan tercemar: Studi kasus beberapa wilayah di Indonesia*. 1(September), 1359–1363.

Romzi, M. Z. A. (2019). ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BIOAKTIVA EM4 PADA BAHAN LIMBAH TAHU CAIR TERHADAP HASIL BIOGAS. 4(1), 75–84.

Said, N. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.

Said, N. I., & Santoso, T. I. (2015). *Penghilangan Polutan Organik Dan Padatan Terrsuspensi Di Dalam Air*

- Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbbr).* 8(1), 33–46.
- Said, N. I., Sya, M. R., Amoniak, P., Dalam, D., Limbah, A., Bedbiofilmreaktor, T. M., & Kunci, K. (2014). Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Pusat Teknologi Lingkungan, (PTL) – BPPT*, 7(1).
- Sumantri, A., & Cordova, M. R. (2011). DAMPAK LIMBAH DOMESTIK PERUMAHAN SKALA KECIL TERHADAP KUALITAS AIR EKOSISTEM PENERIMANYA DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT Jurusan Kesehatan Lingkungan , Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan , Universitas Islam Syarif Hidayatullah Departemen I. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (JPSL)*, 1(2), 127–134. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/kesmas/article/view/3388>
- Umroh. (2011). *BIOREMEDIASI PENCEMARAN MINYAK di SEDIMEN PANTAI BALONGAN, INDRAMAYU dengan MENGGUNAKAN BAKTERI Alcanivorax sp.* 5(50 ml), 23–31.
- Yunica, A. R. I. (2017). *EFEKTIFITAS KARBON AKTIF CANGKANG KELAPA SAWIT DALAM MENURUNKAN KADAR TSS (Total Suspended Solid) Limbah Cair Tahu.*