

PENURUNAN BOD, COD, DAN MLSS PADA AIR LIMBAH TAHU MENGUNAKAN *FAKULTATIF ANAEROBIC HORIZONTAL ROUGHING FILTER*

Heni Widyaningrum dan Yayok Suryo Purnomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: Yayoksuryo@gmail.com

ABSTRAK

Tahu menjadi salah satu makanan yang banyak diminati karena murah dan berprotein tinggi, namun pembuatannya yang masih sederhana membuat pengolahan air limbahnya juga tidak maksimal. Padahal limbah cair tahu terdiri dari bahan organik dengan nilai BOD, COD, serta padatan tersuspensi MLSS yang tinggi. Apabila langsung dibuang ke badan air akan mencemari lingkungan tersebut. Penelitian ini memadukan antara Pengolahan biologis secara fakultatif anaerobik dengan cara menumbuhkan biofilm pada media kasar pada reaktor aliran horizontal. Kombinasi ini digunakan untuk mendegradasi bahan organik yang tinggi pada limbah cair tahu seperti BOD, COD, dan MLSS. dilakukan dengan seeding dan aklimatisasi yang masing-masing selama 2 minggu. Dengan perlakuan variasi jenis media (kerikil, batu bata, arang, dan campuran), variasi debit aliran (30 ml/menit dan 22,5 ml/menit), serta waktu sampling (8 , 16, 24, 32, 40 dan 48 jam). Diperoleh hasil penelitian jenis media *roughing* yang paling efektif untuk penurunan BOD, COD, dan MLSS pada proses pengolahan ini adalah media kerikil, dengan debit yang paling kecil (22,5 ml/menit), dan waktu sampling terlama (48 jam) akan membuat kontak antara air limbah dengan biofilm mikrobiologis akan semakin lama, sehingga proses pendegradasian semakin maksimal.

Kata kunci : *Fakultatif Anaerobik, Horizontal Roughing Filter, Limbah Tahu*

ABSTRACT

Tofu is one of favourite food, but the manufacture is conventional, making the tofu wastewater treatment not optimal. Whereas tofu wastewater is mostly consists of organic material with high BOD, high COD, and high of suspended solids called MLSS, and if it is immediately discharged into a waterways it will pollute the environment. This research combines the facultative anaerobic biological treatment by growing up biofilms on roughing media in horizontal flow reactors. This combination is used to degrade high organic material in tofu wastewater such as BOD, COD, and MLSS. Carried out by seeding and acclimatization, each for 2 weeks. With the treatment of variations in roughing media types (gravel, bricks, charcoal, and mixtures), variations in flow rates (30 ml/min and 22.5 ml/min), and sampling times (8 , 16, 24, 32, 40 and 48 hours). Obtained the results of the most effective type of roughing media for the reduction of BOD, COD, and MLSS in this processing are gravel media, with the smallest flow rates (22.5 ml/min), and the longest sampling time (48 hours) it will make contact between wastewater and the biofilm layer will be longer, so that the degradation process is maximized.

Keywords: *Facultative Anaerobic, Horizontal Roughing Filter, Tofu Wastewater*

PENDAHULUAN

Tahu menjadi salah satu makanan yang diminati penduduk Indonesia karna murah, mudah didapat dan berprotein tinggi. Namun proses produksinya yang masih sangat sederhana juga membuat pengolahan limbahnya juga belum maksimal. padahal limbah cair tahu sebagian besar terdiri dari bahan organik seperti BOD dan COD yang Tinggi (Astuti, 2017) dan padatan tersuspensi MLSS yang akan mencemari lingkungan.

COD adalah kadar oksigen (mg O₂) yang diperlukan dalam proses pendegradasian senyawa organik pada sampel air (Sani, 2006). BOD adalah kadar O₂ yang dibutuhkan oleh organisme mikro untuk mendegradasi senyawa organik dalam sampel air (Togatorop, 2009). Sedangkan akumulasi dari padatan tersuspensi seperti bahan organik, garam mineral dan mikroorganisme disebut sebagai MLSS (Said dan Sutopo, 2017).

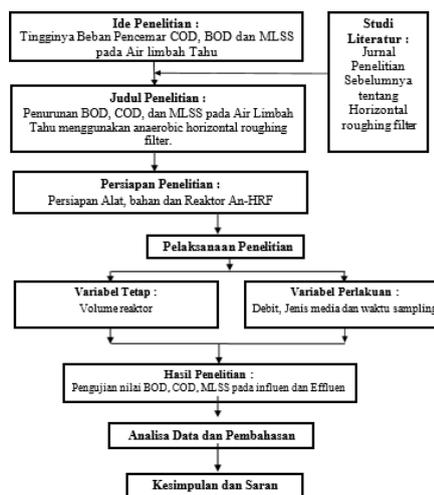
Pengolahan limbah cair dengan sistem biakan melekat atau biofilm dilakukan dengan cara mengalirkan limbah cair kedalam tempat yang sudah diisi dengan media yang mempunyai luas permukaan yang besar dimana film mikrobiologis (biofilm) nantinya akan melekat pada permukaan media tersebut. Kemudian Air limbah didalam reaktor dikontakkan dengan biofilm yang akan menguraikan polutan yang ada didalam limbah tersebut.

Roughing filter adalah salah satu pengolahan pendahuluan yang dapat dijadikan alternatif pada air buangan karna mudah dan murah. *Roughing filter* dapat menurunkan kandungan pencemar air limbah baik bakteri maupun pencemar lain sebelum dibuang ke badan air. Dilihat dari arah alirannya, *roughing filter* dibagi menjadi *Horizontal Roughing Filter (HRF)* dan *Vertical Roughing Filter (VRF)* *Roughing filter* menggunakan media *filter* kasar seperti kerikil, limestone, gerabah, pecahan batu bata dan arang dengan ukuran tertentu (Suryanti, 2012).

Pada penelitian ini saya akan memadukan pengolahan fakultatif anaerob dengan cara menumbuhkan biofilm pada media *roughing* untuk mendegradasi kandungan BOD, COD, dan MLSS Pada Limbah cair Tahu. Dengan perlakuan debit, waktu sampling, dan jenis media yang divariasikan.

METODE PENELITIAN

1. Kerangka Penelitian



Gambar-1: Kerangka penelitian

2. Prosedur Kerja

(1) Tahap Persiapan

Penyiapan alat dan bahan

Adapun peralatan dan bahan yang perlu disiapkan:

- 1 Reaktor Anaerobic HRF, terbuat dari kaca dengan tebal 5 mm; dan ukuran p x l x t = 90 cm x 20 cm x 15 cm.
- 2 Bak Penampung limpahan
- 3 Bak Pengatur debit
- 4 Keran Pengatur debit
- 5 Media yang digunakan : kerikil, batu bata, arang
- 6 Limbah cair Tahu.

Proses Seeding

Untuk menumbuhkan film mikroorganisme pada permukaan *roughing filter*, perlu dilakukan seeding. Berikut proses seeding yang dilakukan pada penelitian ini :

1. Menyiapkan reaktor anaerob.
2. Mengalirkan air limbah pada reaktor anaerob yang sudah diisi media *roughing*.

3. Mengontrol suhu, pH, dan pemberian nutrisi serta pertumbuhan biofilm dengan cara melihat dari pertumbuhan biofilm, proses seeding dikatakan selesai apabila sudah terlihat biofilm pada permukaan media yang ditandai dengan lendir berwarna putih kecoklatan.
4. Proses seeding dilakukan selama 2 minggu dengan sistem batch.

Aklimatisasi

Proses aklimatisasi biasa disebut sebagai proses adaptasi antara mikroorganisme yang dibentuk biofilm dengan air limbah yang akan diolah (Laksono, Sucipta, 2012). Tolak ukur keberhasilan untuk proses aklimatisasi ini sendiri adalah ketika *biofilm* yang terbentuk sudah makin menebal dan persen penurunan COD serta TDS sudah konstan tanpa perlu pengenceran lagi (Aji, Septian 2015). Tahapan yang dilakukan dalam proses aklimatisasi melihat pada yang telah dilaksanakan oleh Aji, Septian 2015 yaitu :

1. Menyiapkan reaktor anaerob.
2. Mengalirkan air limbah tahu secara kontinu dengan debit 30 ml/menit dengan tahapan pengenceran aklimatisasi selama 12 hari .
3. Melakukan pengontrolan efisiensi penurunan COD dan TDS pada setiap tahapan aklimatisasi. Proses aklimatisasi dianggap selesai apabila persen penurunan TDS dan CODnya sudah stabil.

(2) Tahap Pelaksanaan

Tahapan running Penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

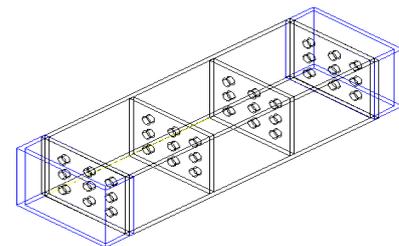
1. Menyiapkan limbah cair tahu yang berasal dari beberapa proses pembuatan tahu.
2. Melakukan analisa awal kandungan MLSS, BOD, dan COD pada air limbah tersebut.
3. Memasukkan air limbah tahu ke bak penampung limbah.
4. Melakukan running selama 48 jam. Kemudian mengambil sampel air limbah yang sudah melalui proses degradasi dengan waktu sampling yang sudah ditentukan dalam reaktor anaerob menggunakan variasi debit, jenis media dan waktu kontak

Variasi perlakuan :

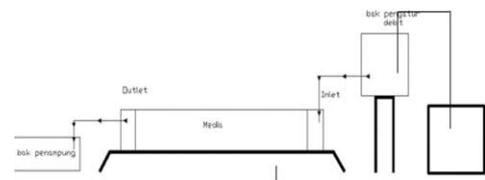
- a.. Debit
 - 30 ml/menit
 - 22,5 ml/menit
- b. Jenis Media
 - Kerikil

- Batu bata
 - Arang
 - Gabungan kerikil, batu bata dan arang
- c. Waktu sampling
- 8 jam
 - 16 jam
 - 24 jam
 - 32 jam
 - 40 jam
 - 48 jam

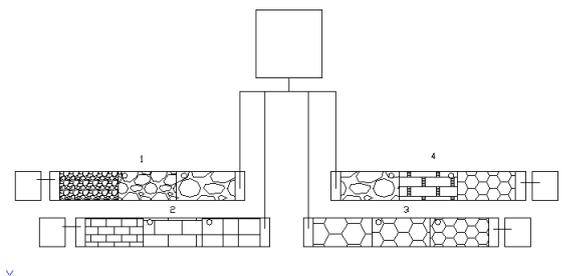
3. Desain Reaktor



Gambar-2: Desain 3D



Gambar-3: Sketsa



Gambar-4: Desain Clay Filter Keramik

- 1 Reaktor media Kerikil
- 2 Reaktor media Batu bata
- 3 Reaktor media Arang
- 4 Reaktor media Gabungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa pendahuluan dilakukan di Laboratorium Riset dan Lingkungan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.

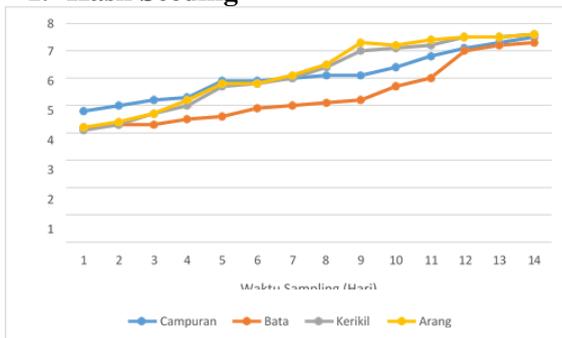
1. Analisa Awal

Tabel-1: Hasil analisa awal

PARAMETER	LIMBAH TAHU	BAKU MUTU
BOD ₅	862 mg/L	150 mg/L
COD	2.643 mg/L	300 mg/L
MLSS	730 mg/L	400 mg/L
pH	5,1	6-9
Suhu	30°C	-°C

(Sumber Data Primer : Laboratorium Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur)

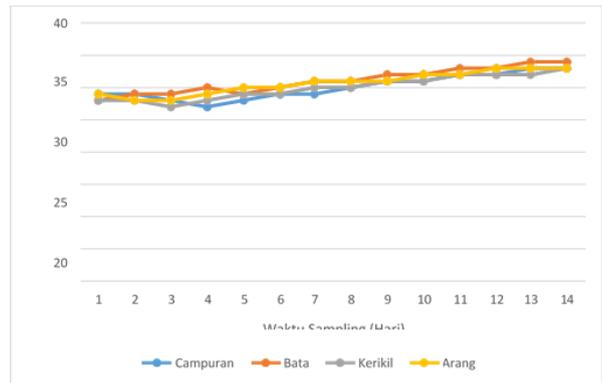
2. Hasil Seeding



Grafik-1: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (hari) terhadap peningkatan pH pada proses seeding

Peningkatan pH yang terjadi menunjukkan bahwa mikroorganisme telah aktif dan bisa digunakan untuk tahap berikutnya (Munawaroh dkk, 2013). Peningkatan pH pada tahap *seeding* terjadi karena adanya penambahan gula yang membuat terjadinya fermentasi yaitu pengaktifan bakteri asam laktat. Yang mengakibatkan terjadinya proses glikolisis yaitu pemecahan karbohidrat menjadi glukosa kemudian diubah lagi menjadi asam laktat oleh bantuan enzim sebelumnya. Hal tersebut yang mengakibatkan pH terus mengalami peningkatan menuju kisaran pH pertumbuhan bakteri asam laktat (Ferdaus dkk, 2008).

Menurut Chotimah (2010) dalam afifah & suryawan, pH pada awal proses anaerob bisa saja naik, dikarenakan adanya proses hidrolisis dimana H⁺ digunakan untuk mengkatalis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid, dan protein.



Grafik-2: Hubungan Jenis media dan waktu sampling terhadap peningkatan Suhu (OC) pada proses seeding

Gas akan dihasilkan pada suhu konstan antara 4-50°C. Enzim akan dihasilkan oleh bakteri pada suhu optimum. Reaksi akan makin cepat saat suhu tinggi namun berbanding terbalik dengan jumlah bakteri yang akan terus mati. (Latifah, 2018)

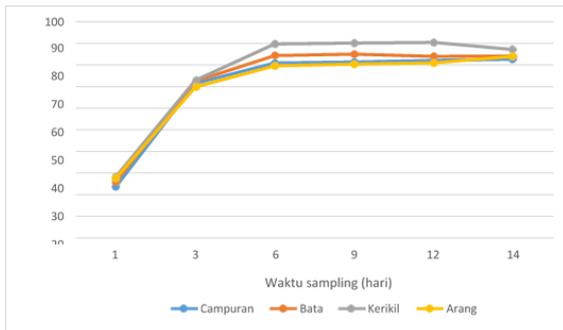
3. Hasil Aklimatisasi

Aklimatisasi dilakukan untuk pengadaptasian mikroorganisme pada lingkungan yang berbeda agar tidak terjadi shock loading yang nantinya akan membuat mikroorganisme yang sudah terbentuk pada biofilm mati dan tidak dapat mendegradasi senyawa pencemar (Saumi, 2017). Aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan air limbah dengan variasi limbah dari rendah ke tinggi. Yang kali ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

Tabel-2: Pengenceran Air limbah

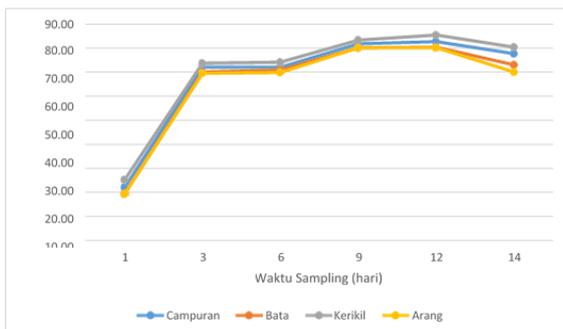
Tahap ke	Air Pengencer (%)	Air Limbah (%)
1	80	20
2	60	40
3	40	60
4	20	80
5	0	100

Proses aklimatisasi merupakan pengadaptasian mikroorganisme terhadap kandungan air limbah yang akan diolah. Aklimatisasi berakhir saat lapisan *biofilm* yang terbentuk sudah semakin menebal dan efisiensi penurunan konsentrasi TDS dan COD sudah cukup konstan atau sampai konsentrasinya tidak mengalami perubahan yang signifikan, maka bakteri yang terbentuk dianggap sudah bisa digunakan untuk proses selanjutnya (Laksono, 2012).



Grafik-3: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (hari) terhadap % penyesihan COD pada proses *aklimatisasi*

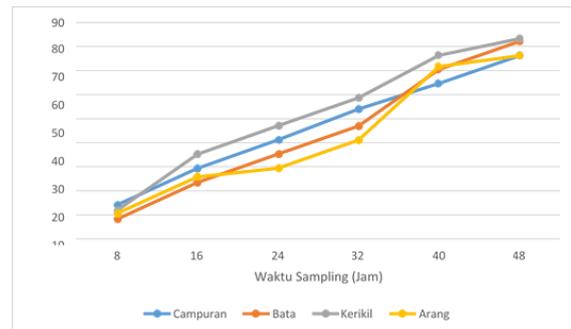
Aklimatisasi dianggap selesai jika peningkatan efisiensi penurunan COD sudah mencapai 90% sehingga dapat lanjut ke tahap selanjutnya (Said dalam Saumi, 2017). Nilai COD dan TDS tersebut dijadikan sebagai tolak ukur keberhasilan proses aklimatisasi dan sebagai penanda jika bakteri sudah dalam kondisi steady state (Latifah, 2018). Dalam aklimatisasi ini, penurunan COD sudah cukup tinggi, walau ada yang belum mencapai 90%, sehingga proses aklimatisasi dianggap sudah selesai pada hari ke 12 karna sudah mengalami penyesuaian terhadap konsentrasi terendah sampai tertinggi, dengan efisiensi penurunan COD pada media campuran, bata, kerikil, dan arang sebesar 82,1% ; 84% ; 90,4% ; dan 80,9% .



Grafik-4: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (hari) terhadap % penurunan TDS pada proses *aklimatisasi*

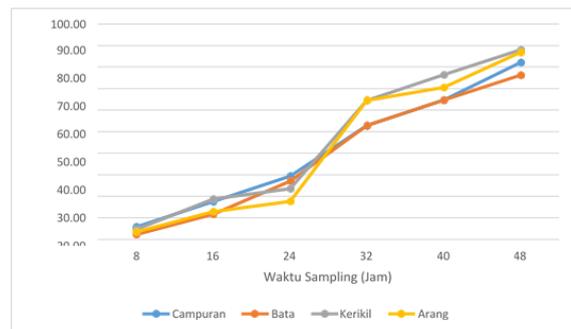
Selama Penambahan konsentrasi pada tahapan aklimatisasi, TDS juga mengalami penurunan dari konsentrasi tinggi ke rendah pada tiap pengenceran limbah, dengan hasil akhir pada hari ke empat belas nilai efisiensinya sebesar 77,78% untuk media campuran, 73,12% untuk media bata, 80,45% untuk media kerikil, dan 70,13% untuk media arang.

4. Hasil Analisa BOD



Grafik-5: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan BOD pada saat debit 30 ml/menit

Dari grafik diatas dapat dilihat jika penggunaan media kerikil pada proses ini memiliki efisiensi paling besar pada saat debit 30 ml/menit, yaitu efisiensinya mencapai 83,32% dibanding media lain , walaupun selisihnya tidak begitu besar.

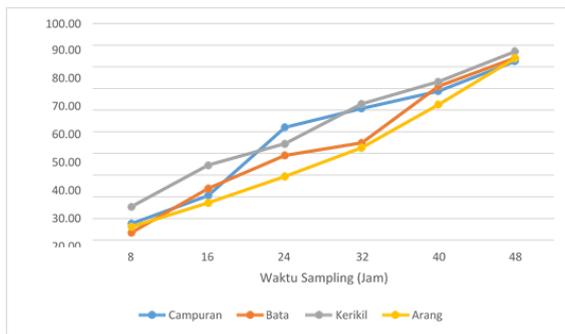


Grafik-6: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan BOD pada saat debit 22,5 ml/menit

Dari grafik diatas dapat dilihat jika penggunaan media kerikil pada proses ini memiliki efisiensi paling besar pada saat debit 22,5 ml/menit, yaitu efisiensinya mencapai 88,02% dibanding media lain, walau pada debit ini selisihnya tidak terlalu jauh.

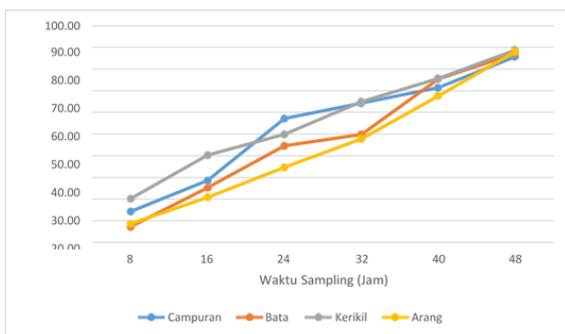
Pada hasil analisa BOD penurunan kandungan BOD terbesar terjadi pada media kerikil dimana penurunan ini terjadi karna adanya proses pelekatan partikel organik pada media akibat adanya gaya tarik menarik. Mikroorganisme pada biofilm melakukan aktifitas biologis serta oksidasi kimia dimana mendegradasi senyawa organik menjadi partikel yang lebih kecil serta air, CO₂ dan garam inorganik (Sarwono dkk, 2017)

5. Hasil Analisa COD



Grafik-7: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan COD pada saat debit 30 ml/menit

Berdasarkan grafik 7 hubungan jenis media dan waktu sampling terhadap penurunan COD pada saat debit aliran 30 ml/menit mengalami penurunan yang stabil. Kadar COD teremoval sampai 87,14% pada media kerikil.



Grafik-8: Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan COD pada saat debit 22,5 ml/menit

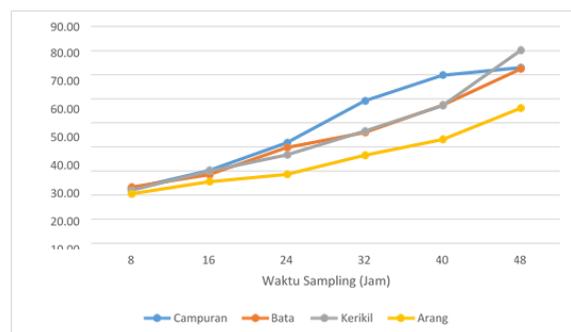
Berdasarkan grafik 8 hubungan jenis media dan waktu sampling terhadap penurunan COD pada saat debit aliran 22,5 ml/menit mengalami penurunan yang stabil. Kadar COD teremoval sampai 88,76% pada media kerikil. grafik analisa COD Menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu sampling akan menurunkan nilai COD. Menurut afifah dkk, penurunan COD disebabkan karna adanya oksidasi substrat, dan COD turun karna sedang terjadi proses degradasi bahan organik (Zahra dan Purwanti, 2015) kemudian bahan organik organik akan diubah menjadi Karbondioksida, Air, Gas Metan, dan Massa bakteri sebagai sumber energi (bilton, 2005).

6. Hasil Analisa MLSS



Grafik-9 : Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan MLSS pada saat debit 30 ml/menit

Berdasarkan grafik 9 diatas dapat dilihat, efisiensi nilai penurunan MLSS pada debit 30 ml/menit yang paling besar adalah sebesar 70,55 % yaitu pada media kerikil sedangkan media lainnya rata-rata hanya 40-60%.



Grafik-10 : Hubungan Jenis media dan waktu sampling (jam) terhadap % penurunan MLSS pada saat debit 22,5 ml/menit

Sedangkan, efisiensi nilai penurunan MLSS pada debit 22,5 ml/menit yang paling besar adalah sebesar 80,14 % yaitu pada media kerikil sedangkan media lainnya rata-rata hanya 50-60%.

Penurunan konsentrasi padatan tersuspensi pada outlet disebabkan karena adanya proses fisik yaitu screening (penyaringan). Pemindahan partikel/unsur padat ditahan oleh *Roughing Filter* adalah suatu proses yang agak kompleks yang meliputi sedimentasi, biologis dan adsorpsi seperti halnya aktivitas biokimia. Pada dasarnya, partikel/unsur padat harus diangkut untuk suatu sisa yang terikat pada permukaan sebelum hal tersebut mungkin diubah oleh proses biologi dan biokimia.(Wegelin,1996).

Penurunan padatan tersuspensi disebabkan adanya proses pendegradasian atau glikolisis dimana molekul kompleks zat pencemar dipecah menjadi bahan yang lebih sederhana oleh enzim yang dihasilkan bakteri pendegradasi. Bahan sederhana tersebut dijadikan bahan metabolisme yang selanjutnya menghasilkan energi, karbondioksida, air, dan sisa metabolisme lain yang mudah mengendap sehingga penurunan padatan terjadi (Radojevic dan Vladimir, 1999).

Proses lain yang terjadi yaitu karna adanya penyaringan partikel yyang terkandung pada air limbah oleh pori media. Dimana partikel tersebut akan tersaring, mengendap, dan juga bergabung menjadi diameter lebih besar karna adanya benturan antar partikel dan penggabungan sehingga bisa mengendap pada permukaan kerikil. Melekatnya partikel-partikel yang lebih halus pada permukaan butiran kerikil dapat disebabkan oleh adanya ikatan fisik dan kimia antara partikel-partikel air limbah dan adanya gerak Brown akan menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel, sehingga diameter bertambah besar dan dapat ditahan oleh celah penyaring yang ada didalamnya. (Wahyuningsih, sri 2006).

KESIMPULAN

Tabel-3: Pengenceran Air limbah

Media	Debit (ml/mnt)	Penyisihan (%)		
		BOD	COD	MLSS
Campuran	30	76,27	82,67	68,77
	22,5	82,15	85,71	73,01
Bata	30	82,15	84,11	69,59
	22,5	76,27	87,14	72,47
Kerikil	30	83,32	87,14	70,55
	22,5	88,02	88,76	80,14
Arang	30	76,27	84	49,73
	22,5	86,85	88,01	56,16

Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah:

1. Debit yang paling baik dalam penurunan BOD, COD, dan MLSS dalam penelitian ini adalah debit rendah yaitu 22,5 ml/menit dengan debit yang rendah maka akan membuat waktu kontak yang terjadi antara air limbah dengan lapisan biofilm akan semakin lama. Dengan membuat kesempatan bakteri untuk membentuk lapisan biofilm akan makin besar.
2. Waktu Sampling yang terbaik untuk penurunan BOD, COD, dan MLSS dalam penelitian ini adalah 48 jam, karna semakin lama terjadinya kontak antara air limbah dengan media akan semakin bagus.

3. Media yang paling bagus dalam penurunan BOD, COD, dan MLSS adalah kerikil karna sifat kerikil yg mudah diseragamkan ukurannya. Semakin kecil diameter media maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga mikroorganisme yang tumbuh juga banyak.
4. Pada saat proses dilakukan pengecekan DO (Oksigen terlarut) dan ternyata DO nya bernilai ditas 0, maka Penelitian ini termasuk dalam proses anaerobic fakultatif. Mungkin karna adanya kesalahan dalam analisa laboratorium, ataupun karna reaktor yang tidak tertutup rapat.
5. Tidak dilakukan uji bakteri dan biofilm, data didapatkan pada literatur

DAFTAR PUSTAKA

Aji, Septian. (2015). *Penurunan Bahan Organik (BOD & Fosfat) Pada Limbah Laundry dengan Sistem Biofilter Fakultatif*. Surabaya: Teknik Lingkungan UPN Veteran Jawa Timur

Astuti, R. M. (2017). *Analisis Proses Pembuatan Tahu Skala Rumah tangga dan analisis pendugaan umur simpannya dengan Menggunakan Pendekatan Model Arrhenius*.

Ferdaus, Fani., dkk. 2008. *Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat dan Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat Dari Kulit Pisang*. Widya Teknik. 7:1-14

Laksono, Sucipta. (2012). *Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter*. Depok: Teknik Lingkunga Universitas Indonesia.

Latifah, Mirwan, dan Aulia Ulfah, (2018). *Penurunan Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Menggunakan Upflow Anaerobic Filter*. Jurnal Envirotek vol II no 1.

- Munawaroh dkk., (2013). *Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) Serta Pemanfaatannya*. Jurnal Institut Teknologi Nasional (Itenas) No. 2 Volume 1.
- Sani, I, E. Y. (2006). *Pengolahan air limbah tahu menggunakan Reaktor anaerob bersekat dan aerob*. program Pascasarjana Universitas Diponegoro
- Saumi dan Yayok, (2017) . *Penurunan BOD5 dan Fenol Limbah Kawasan Industri Dengan Ketebalan Media Trickling Filter Bervariasi*. Jurnal envirotek vol 8 no 2.
- Suryanti, I., Samudro, G., dan Sumiyati, S., (2012). *Studi Penurunan Parameter Dan TSS dengan menggunakan kombinasi Vertical Flow Roughing Filter (VRF) dan Horizontal Roughing Filter (HRF) Pada air buangan Domestik Artificial*.
- Suryanti, I., Samudro, G., dan Sumiyati, S., (2012). *Studi Penurunan Parameter BOD, COD, dan BOD/COD dengan menggunakan kombinasi Vertical Flow Roughing Filter (VRF) dan Horizontal Roughing Filter (HRF) Pada air buangan Domestik Artificial*.
- Suryanti, I., Samudro, G., dan Sumiyati, S., (2012). *Studi Penurunan Kandungan Total Koliform dengan menggunakan kombinasi Vertical Flow Roughing Filter (VRF) dan Horizontal Roughing Filter (HRF) Pada air buangan Domestik Artificial*.
- Togatorop, R. (2009). *Korelasi antara Biological Oxygen Demand (BOD) limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap pH, total suspended solid (TSS), Alkaliniti dan minyak/lemak*.
- Wahyuningsih, Sri (2006). *Efektifitas Anaerobic Horizontal Roughing Filter Dalam Menurunkan Mlss Dan Nitrat Pada Limbah Cair Industri Batik*, FTSP UII :Jogjakarta
- Wegelin, M. (1986). *Horizontal Flow Roughing Filtration : A Design, Construction, and Operation Manual*.