

PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BIOREAKTOR *TRICKLING FILTER*

Tri Mulyani¹, Fifa Ayu Mustika²
Universitas Kebangsaan
Email : Trie3mulya@gmail.com

ABSTRAK

Tahu adalah salah satu sumber makanan bergizi penghasil protein nabati yang cukup baik untuk pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat Indonesia. Akan tetapi limbah yang dihasilkan mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia dan biologi yang akan menghasilkan zat beracun atau terbentuknya media untuk tumbuhnya kuman. Penelitian ini dilakukan menggunakan teknologi bioreaktor *trickling filter*. Media biofilm yang dipakai adalah bambu Gombang. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui efisiensi dan kinetika reaksi *trickling filter* dengan parameter yang dianalisis adalah BOD₅ dan COD dengan variasi debit (Q) dan waktu tinggal (td). Pada Q₁ = 32,5 L/jam dengan td = 4 jam didapat efisiensi BOD₅ = 66,6667% dan COD = 40,4651% serta nilai k adalah 3,9067/hari. Sedangkan pada Q₂ = 43,3 L/jam dengan td = 3 jam didapat nilai efisiensi BOD₅ = 58,9744% dan COD = 32,6930% serta nilai k adalah 3,6585/hari.

Kata kunci: air limbah tahu, *trickling filter*, BOD₅

ABSTRACT

Tofu is a nutritious source of food-producing vegetable protein well enough to meet the nutritional needs of the people of Indonesia. However, the wastewater has a negative impact on the environment. Wastewater containing suspended solids and dissolved, will experience changes in physics, chemical and biology that will result in the formation of toxic substances or media for the growth of germs. Study was conducted using a trickling filter bioreactor technology. Biofilm media used is bamboo Gombang. This experience intended to determine the efficiency and reaction kinetics trickling filter with parameters that are analyzed with the variation of BOD₅ and COD discharge (Q) and the retention time (td). In Q₁ = 32,5 L/h with td = 4 hours resulting efficiency of BOD₅ = 66,6667% and 40,4651%, and COD = k value is 3,9067 day. Whereas in Q₂ = 43,3 L/h with td = 3 hours resulting efficiency of 58,9744% and BOD₅ = COD = 32,6930% and the value of k is 3,6585/day.

Keywords: wastewater of tofu, *trickling filters*, BOD₅

PENDAHULUAN

Tahu; salah satu sumber makanan bergizi penghasil protein nabati yang cukup baik untuk pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat Indonesia. Tahu terbuat dari kacang kedelai yang diolah dengan cara kedelai yang dibuat menjadi bubur yang kemudian diendapkan. Biasanya tahu diproduksi oleh industri rumahan atau skala kecil. Seiring berjalannya waktu, industri pembuatan tahu semakin berkembang jumlahnya karena harganya yang relatif murah dan bergizi tinggi. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 15 tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai menerangkan bahwa segala kegiatan usaha yang mengolah dengan bahan baku kedelai diharuskan mengikuti baku mutu air limbah. Baku mutu air

limbah untuk kegiatan industri tahu adalah nilai rentang pH 6-9 dengan kuantitas limbah maksimum 20 m³/Ton, BOD 150 mg/L dengan beban 3 kg/ton, COD 300 mg/L dengan beban 6 kg/ton dan TSS 200 mg/L dengan beban 2 kg/ton. Ada berbagai macam pengolahan air limbah yang bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan.

Salah satunya dengan menggunakan teknologi trickling filter, dimana trickling filter bekerja dengan cara menyebarkan atau mendistribusikan air limbah ke dalam tumpukan media biofilm seperti pada bambu, kerikil, keramik, plastik dan lain - lain. Media ini diberi bakteri terlekat yang berfungsi untuk menurunkan atau menyisihkan zat organik yang terkandung pada air limbah tersebut. Kelebihan dari reaktor trickling filter ini adalah membutuhkan energi yang sedikit,

pengoperasian lebih sederhana karena tidak perlu control Mixed Liquor dan pembuangan lumpur, lebih cepat pulih dari shock loading serta kebutuhan pemeliharaan lebih sedikit. Limbah tahu memiliki karakteristik umum dengan konsentrasi COD 9888 dan BOD5 8899, sedangkan baku mutu untuk air limbah tahu menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 15 tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai adalah COD 300 mg/L dan BOD5 150 mg/L. Karena tingginya konsentrasi COD dan BOD5 pada limbah tahu di Kabupaten Banjarnegara, maka harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sehingga konsentrasinya turun sesuai ketentuan baku mutu Permen LH no. 15 tahun 2008. Untuk melakukan pengolahan tersebut dilakukan 2 variasi debit (Q) dengan Q1 = 32,5 L/jam dengan td = 4 jam, sedangkan pada Q2 = 43,3 L/jam dengan td = 3 jam. Dari pengolahan limbah cair berapakah efisiensi yang didapat? Dengan 2 variasi debit (Q) manakah yang paling baik efisiensinya jika dibandingkan antara Q1 dan Q2? Ruang Lingkup Ruang lingkup penelitian ini adalah: Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan prinsip operasi reaktor aliran kontinyu. Reaktor yang digunakan adalah reaktor trickling filter jenis low rate. Air limbah yang digunakan adalah limbah asli dari produksi tahu.

International Bamboo Workshop Held In Cochin, India. Telah melakukan penelitian pengolahan limbah cair menggunakan reaktor trickling filter dengan media biofilm bambu. Media biofilter yang digunakan adalah bambu Gombang berukuran 3 - 6 cm dengan ketinggian media adalah 50 cm. Variasi yang digunakan adalah variasi debit (Q), berdasarkan pengaruh hydraulic loading (v) dengan rentang 1 - 4 m/hari, terhadap luas permukaan (A) m² (Metcalf & Eddy, 2003), hydraulic loading (v) yang digunakan adalah nilai terbesar yaitu 3 m/hari dan 4 m/hari. Maka didapat: Q1 = 32,5 L/jam, td1 = 4 jam. Q2 = 43,3 L/jam, td2 = 3 jam. Parameter yang dianalisa adalah BOD dan COD. Tujuan Penelitian Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dan kinetika yang terjadi pada pengolahan limbah tahu menggunakan bioreaktor trickling filter dalam penurunan kadar BOD dan COD. Serta membandingkan efisiensi yang terjadi pada Q1 dan Q2. Lokasi Penelitian Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Kebangsaan Bandung.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah sesuai wujudnya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu; Limbah padat, adalah limbah yang berwujud padat. Limbah padat biasanya disebut sampah. Sampah terbagi menjadi sampah organik seperti sisa sayuran, sisa makanan, sobekan kertas dan sebagainya. Sampah anorganik seperti botol, plastik, kaca, kaleng minuman, dan sebagainya dan sampah logam seperti besi, kawat, dan sebagainya.

Air buangan sisa produksi pabrik serta air buangan hasil kegiatan manusia, seperti mencuci pakaian dan piring,

masak, mandi, dan sebagainya. Limbah gas, adalah limbah zat yang berwujud gas atau biasanya dapat dilihat dalam wujud asap. Limbah gas selalu bergerak menempati ruang dan menyebar secara merata. Contoh limbah gas seperti gas pembuangan kendaraan bermotor, gas buangan dari hasil produksi pabrik, dsb. Karakteristik Limbah Cair Karakteristik limbah cair terbagi menjadi 3, yaitu: kimia, fisika dan biologis.

Biochemical Oxygen Demand (BOD) Pemeriksaan BOD dalam air limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat - zat organik dengan oksigen dalam air, dimana proses tersebut dapat berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. Dengan habisnya oksigen dalam air, maka bakteri lainnya yang membutuhkan oksigen tidak bisa bertahan hidup. Semakin tinggi nilai BOD semakin sulit bagi bakteri dalam air untuk dapat bertahan hidup karena rendahnya oksigen dalam air.

Adanya racun atau logam tertentu di dalam limbah mengakibatkan pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD tidak sesuai. Untuk itu, lebih tepat menggunakan analisis COD. Bakteri di dalam air limbah bersifat patogen (menyebabkan penyakit) dan karena bakteri dapat menguraikan bahan organik dan mineral - mineral yang tidak diinginkan dalam air limbah. Temperatur dan pH sangat mempengaruhi hidupnya bakteri tersebut. Di Indonesia dijumpai industri tahu yang umumnya termasuk kategori industri kecil atau industri rumahan. Sumber limbah cair lainnya berasal dari proses sortasi dan pembersihan, pengupasan kulit, pencucian, penyaringan, pencucian peralatan proses dan lantai (Amir, 2008). Limbah cair industri tahu mengandung bahan - bahan organik kompleks yang tinggi terutama protein dan asam - asam amino (BAPEDAL, 1994).

Secara umum karakteristik limbah cair dibagi atas sifat fisika, kimia, dan biologi. Parameter yang digunakan untuk menganalisa limbah cair Pabrik adalah: Parameter Fisika, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain - lain; Parameter Kimia; Parameter Biologi.

Sistem *trickling filter* ini bekerja dengan cara mendistribusikan air limbah ke dalam media biofilm secara kontinu. Pengolahan limbah terjadi pada saat air limbah bersentuhan dengan media biofilm. Kedalaman dari media biofilm memiliki rentang dari 0,9 sampai 2,5 m dan rata-rata 1,8 m. Biasanya *trickling filter* menggunakan rangkaian batu sebagai media biofilm yang kemudian dirubah menjadi rangkaian plastik untuk meningkatkan kapasitas pengolahan. *Trickling filter* yang menggunakan rangkaian plastik dibuat dalam bentuk lingkaran, persegi dan bentuk lain dengan variasi ke dalam dari 4 - 12 m. Air limbah yang mengalir normalnya dimasukan dari atas rangkaian melalui lengan distributor yang membentang di dalam *trickling filter*. Lengan distributor diputar oleh gaya dari air yang keluar dari lubang pada lengan atau dengan menggunakan penggerak listrik. Dengan penggerak listrik ini dapat memberikan kontrol lebih yang fleksibel dan rentang yang lebih lebar dari

kecepatan putaran dari distributor yang tidak menggunakan listrik. (Metcalf & Eddy, 2003).

Desain *trickling filter* diklasifikasikan dengan hidrolik atau laju beban organik. Desain saringan batu diklasifikasikan pada *low rate* atau standar, *intermediate rate*, dan *high rate*. Plastik biasanya digunakan khususnya untuk desain yang *high rate*. Untuk kadar beban organik yang tinggi digunakan desain rangkaian batu atau plastik yang “kasar” pada aplikasi *trickling filter* dimana hanya menurunkan kadar BOD.

Tabel 1 klasifikasi kriteria desain *trickling filter*

Kriteria Desain	Low Or Standart Rate	Intermediate Rate	High Rate
Type of packing	Rock	Rock	Rock
Hydraulic loading, m ³ /m ² .d	1-4	4-10	10-40
Recirculation ratio	0	0-1	1-2
Depth, m	1.8-2.4	1.8-2.4	1.8-2.4

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Low rate filters relatif lebih sederhana, dengan kualitas *effluent* yang konsisten. *Filter* dapat berbentuk lingkaran atau persegi panjang. Umumnya, kecepatan aliran dari *dosing tank* dengan mengontrol pompa atau pipa siphon. *Dosing tank* berukuran kecil, biasanya dengan waktu tinggal selama 2 menit berdasarkan dua kali dari laju desain rata-rata, sehingga dosis yang sebentar - sebentar dapat diminimalis. Walaupun demikian, pada unit yang kecil, laju yang rendah dapat menghasilkan pendosisan yang sedikit demi sedikit dan sirkulasi dapat dibutuhkan untuk menjaga rangkaian tetap lembab. Jika jarak antara pendosisan lebih lama dari 1 sampai 2 jam, efisiensi dari proses memburuk karena karakteristik lapisan biologis mengalami penurunan kelembaban.

Dengan gradien hidrolik yang baik, kemampuan untuk menggunakan aliran gravitasi memberikan keuntungan yang berbeda. Jika tempat terlalu datar untuk mengalir secara gravitasi, pemompaan akan diperlukan. Bau adalah masalah umum, terutama jika air limbah basi atau septik, atau jika cuaca hangat. *Filter* tidak boleh diletakan di tempat yang memungkinkan terjadinya permasalahan, misalnya seperti cuaca terlalu panas ataupun cuaca terlalu dingin (Metcalf & Eddy, 2003).

Kemasan ideal rangkaian filter adalah bahan yang memiliki tinggi permukaan, per satuan volume, rendah biaya, memiliki daya tahan tinggi, dan porositas cukup tinggi sehingga penyumbatan dapat diminimalkan dan sirkulasi udara yang baik dapat terjadi. Material yang paling cocok adalah batu sungai yang bulat atau batu pecah (split), keseragaman

pecahan 95% dari rentang 75 sampai 100 mm. (Metcalf & Eddy, 2003).

Distributor terdiri dari dua lengan atau lebih yang menjulang pada poros di tengah saringan dan berputar pada bidang datar. Lengan yang berlubang yang memiliki *nozzles* yang dilewati air limbah yang kemudian dikeluarkan dan didistribusikan di atas media *filter*.

Pemasangan pipa distributor dapat digerakan dengan reaksi dinamis dari keluaran air limbah yang keluar dari pipa semprot atau dengan motor listrik. Aliran pada distributor putar yang digerakan untuk *trickling filter* digunakan secara tradisional untuk proses pengolahan karena perawatannya yang mudah. Motor penggerak digunakan pada desain yang paling baru. Jarak antara pipa lengan distributor dan media *filter* biasanya 15,0 – 22,5 cm. (Metcalf & Eddy, 2003).

Pada *trickling filter* terdapat beberapa rumus untuk mencari kinetika reaksi, seperti Eckenfelder, Germain formula dan lain – lain.

- Eckenfelder

Eckenfelder formula. Eckenfelder (1963) Barnhart (1963) mengembangkan rumus eksponensial berdasarkan tingkat pembuangan limbah untuk reaksi orde satu, seperti di bawah ini:

$$Se/Si = \text{Exp} [-k.D/q^n] \tag{2.1}$$

(Shun Dar Lin, 2001)

- Germain Formula

Pada tahun 1966, Germain menerapkan formulasi Schultz (1960) pada *trickling filter* dan mengusulkan reaksi orde – satu yaitu sebagai berikut:

$$\frac{Se}{Si} = \text{Exp} \left[-k_{20} \frac{D}{q^n} \right] \tag{2-2}$$

Keterangan:

Se = total BOD₅ of settled effluent, mg/L

Si = total BOD₅ of wastewater applied to filter, mg/L

k₂₀ = treatability constant corresponding to depth of filter at 20°C

D = depth, m

q = hydraulic loading rate, m³/m².day

n = exponent constant of media, usually 0,5

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitik, yaitu mengetahui kinerja dan kinetika *trickling filter* dalam mengolah zat organik terlarut yang parameternya BOD₅ dan COD. Waktu pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan dari bulan Juni – Oktober 2017. Tempat pelaksanaan penelitian di Laboratorium Universitas Kebangsaan dengan pengambilan sumber sampel dari Pabrik Tahu Rumah tangga di Jl. Soreang Banjaran Kab. Bandung.

Tabel 2 Kriteria desain *trickling filter*

Design characteristics	Low rate
Type of packing	rock
Hydraulic loading (m ³ /m ² .d)	1-4
BOD loading (kg BOD/m ² .d)	0,07-0,22
Recirculation ratio	0
Depth (m)	1,8-2,4
Diameter media (cm)	2,5-7,5

Sumber: Metcalf & Eddy, (2003)

- Jarak *distributor arms* dengan media filter adalah 15 - 22 cm.

Tahapan Aklimatisasi: 1) *Seeding*, 2) Pembentukan Biofilm, 3) Aklimatisasi Media Biofilm.

Pengoperasian Reaktor

- Air limbah tahu yang diambil dari pabrik tahu ditampung di dalam tanki air, kemudian dari tanki air dipompa ke CHB dan dialirkan secara gravitasi ke dalam reaktor *trickling filter*.
- Dilakukan analisis laboratorium terhadap parameter air limbah di *inlet* dan *outlet*:
- BOD₅ dan COD.

Pengambilan dan Pengukuran Sampel

Sampel diambil dari *inlet* dan *outlet*, dengan sampel pada 5 titik sesuai dengan td yang digunakan yaitu 3 jam dan 4 jam. Pada *inlet* dilakukan 1 kali pengambilan sampel, sedangkan pada *outlet* sampel diambil pada Q₁ tiap per 4 jam sekali, sedangkan pada Q₂ diambil sampel per 3 jam sekali dan parameter yang diukur adalah BOD₅ dan COD. Metode yang dipakai untuk menganalisa COD adalah metode refluk

tertutup, sedangkan pada BOD₅ menggunakan metode pengenceran.

3.5 Pengolahan Data

Data yang didapat dari hasil analisa pemeriksaan sampel diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

- Efisiensi penyisihan konsentrasi zat organik dengan rumus 3.1

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \tag{3-1}$$

- Kinetika reaksi Germain:

$$\frac{S_e}{S_i} = \text{Exp} \left[-k_{20} \frac{D}{q^n} \right] \tag{3-2}$$

$$\ln \frac{S_e}{S_i} = -k_{20} \frac{D}{q^n} \tag{3-3}$$

$$k = k_{20} \times (1,0350^{T-20}) \tag{3-4}$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1 Karakteristik Umum Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu memiliki karakteristik pada tabel di bawah ini:

Tabel 3 Karakteristik limbah cair tahu

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1.	COD	mg/L	9888
2.	BOD ₅	mg/L	8899
3.	pH	-	4,5
4.	Temperatur	°C	22

Sumber: hasil penelitian

Dari tabel di atas didapat rasio perbandingan antara BOD₅ dan COD adalah 0,9, hal ini menunjukkan bahwa limbah tersebut bersifat *biodegradable* sehingga dapat dilakukan pengolahan secara biologis. Karena beban zat organik terlalu besar untuk diolah, maka pada penelitian dilakukan pengenceran. Pengenceran dilakukan ±20x. BOD₅ setelah diencerkan sebesar 195 mg/L, sedangkan COD menjadi 215 mg/L.

2 Hasil Pemeriksaan Parameter

2.1 Hasil Pemeriksaan Parameter COD

Berdasarkan hasil pemeriksaan parameter COD dengan variasi debit (Q), yaitu: $Q_1 = 32,5$ L/jam dengan $t_d = 4$ jam, dan $Q_2 = 43,3$ L/jam dengan $t_d = 3$ jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$Q_1 = 32,5$ L/jam, COD Influent = 215 mg/L, $t_d = 4$ jam

Tabel 4 Hasil pemeriksaan parameter

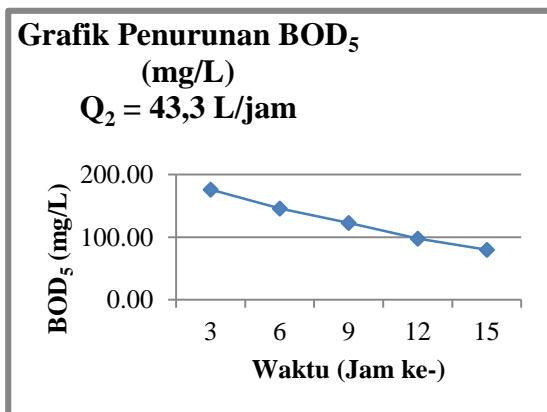
No.	Waktu (Jam Ke-)	COD Effluent (mg/L)
1	4	210,00
2	8	193,00
3	12	157,00
4	16	142,00
5	20	128,00

Sumber: hasil analisis penelitian

Tabel 5 Hasil pemeriksaan parameter

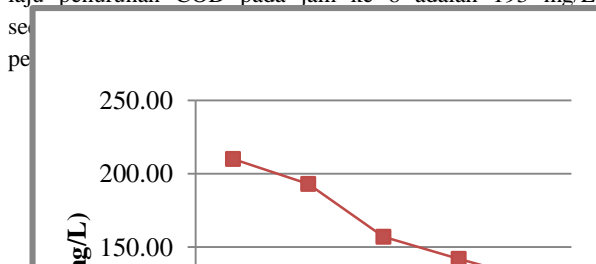
No.	Waktu (Jam Ke-)	COD Effluent (mg/L)
1	3	213,00
2	6	203,00
3	9	192,00
4	12	169,00
5	15	146,00

Sumber: hasil analisis penelitian



Gambar 1. Grafik penurunan COD (mg/L) $Q_1 = 32,5$ L/jam

Grafik tersebut menunjukkan bahwa pada $Q_1 = 32,5$ L/jam laju penurunan COD pada jam ke 8 adalah 193 mg/L,



makanan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri cukup melimpah.

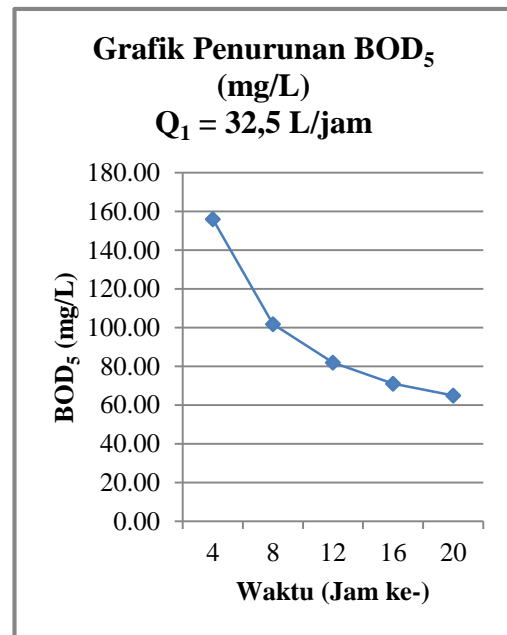
$Q_2 = 43,3$ L/jam, COD Influent = 215 mg/L, $t_d = 3$ jam

Pada $Q_2 = 43,3$ L/jam laju penurunan terjadi pada awal relatif kecil yaitu 213 mg/L dan penurunan terjadi pada jam ke 12 sebesar 167 mg/L. Penurunan konsentrasi pada Q_2 tidak begitu besar karena faktor debit yang lebih besar dan waktu tinggal yang semakin kecil, sehingga kontak antara air limbah dan biofilm semakin berkurang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi COD yang besar terjadi pada $Q_1 = 32,5$ L/jam dibandingkan pada $Q_2 = 43,3$ L/jam. Hal ini dikarenakan debit pada $Q_1 = 32,5$ L/jam lebih kecil dengan waktu tinggal semakin besar, yang mengakibatkan kontak antara air limbah dan biofilm semakin lama. Sedangkan pada $Q_2 = 43,3$ L/jam dengan waktu tinggal yang semakin kecil, yang mengakibatkan kontak antara air limbah dan biofilm semakin kecil.

2.2 Hasil Pemeriksaan BOD5

Berdasarkan hasil pemeriksaan parameter BOD5 dengan variasi debit (Q), yaitu: $Q_1 = 32,5$ L/jam dengan $t_d = 4$ jam, dan $Q_2 = 43,3$ L/jam dengan $t_d = 3$ jam, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$Q_1 = 32,5$ L/jam, BOD5 Influent = 195 mg/L, $t_d = 4$ jam



Gambar 2 Grafik 1. Penurunan BOD5

Berdasarkan hasil perhitungan dari data – data penurunan COD, didapat hasil perhitungan efisiensi COD. Hasil perhitungan dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 4 Efisiensi COD $Q_1 = 32,5$ L/jam, COD Influen = 215 mg/L

No.	Waktu (Jam ke-)	COD Effluent (mg/l)	Efisiensi (%)
1	4	210,00	2,3256
2	8	193,00	10,2326
3	12	157,00	26,9767
4	16	142,00	33,9535
5	20	128,00	40,4651

Sumber: hasil analisis perhitungan

Gambar 3 Grafik penurunan BOD₅ (mg/L) $Q_1 = 32,5$ L/jam

Grafik pada gambar 3 $Q_1 = 32,5$ L/jam menunjukkan terjadi penurunan dari 156,00 mg/L ke 101,89 mg/L, kemudian pada jam ke 12 sampai jam ke 20, penurunan relatif kecil. Penurunan yang cukup besar diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri melimpah.

$Q_2 = 43,3$ L/jam, BOD₅ Influent = 195 mg/L, td = 3 jam

Tabel 4. Hasil pemeriksaan parameter

No.	Waktu (Jam Ke-)	BOD ₅ Effluent (mg/L)
1	3	176,00
2	6	146,00
3	9	123,00
4	12	98,00
5	15	80,00

Sumber: hasil analisis penelitian

Gambar 4 Grafik penurunan BOD₅ (mg/L) $Q_2 = 43,3$ L/jam

Grafik pada gambar 4.4 $Q_2 = 43,3$ L/jam menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi yang besar terjadi pada jam ke 6 yaitu 146 mg/L dan penurunan dengan konsentrasi yang kecil terjadi pada jam ke 9 sebesar 123 mg/L sampai pada jam ke 15 konsentrasi sebesar 80 mg/L.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi BOD₅ yang besar terjadi pada $Q_1 = 32,5$ L/jam dibandingkan pada $Q_2 = 43,3$ L/jam. Hal ini dikarenakan debit pada $Q_1 = 32,5$ L/jam lebih kecil dengan waktu tinggal semakin besar, yang mengakibatkan kontak antara air limbah dan biofilm semakin lama. Sedangkan pada $Q_2 = 43,3$ L/jam dengan waktu tinggal yang semakin kecil, yang mengakibatkan kontak antara air limbah dan biofilm semakin kecil.

3.1 Hasil Perhitungan Efisiensi COD

Tabel 5 Efisiensi COD $Q_2 = 43,3$ L/jam, COD Influen = 215 mg/L

No.	Waktu (Jam ke-)	COD Effluent (mg/l)	Efisiensi (%)
1	3	213,00	0,9302
2	6	203,00	5,5811
3	9	192,00	10,6977
4	12	169,00	21,3953
5	15	146,00	32,6930

Dari hasil perhitungan yang tergambar dalam grafik pada $Q_1 = 32,5$ L/jam dan $Q_2 = 43,3$ L/jam semakin lama efisiensi semakin naik karena semakin lama limbah yang diuraikan semakin banyak. Pada $Q_1 = 32,5$ L/jam efisiensi mencapai 40,4651 % sedangkan pada $Q_2 = 43,3$ L/jam efisiensi mencapai 32,693 %. Dari keseluruhan grafik pada Q_1 nilai efisiensi lebih tinggi dari efisiensi Q_2 , hal ini disebabkan semakin kecil debit dengan waktu tinggal lebih besar akan mengakibatkan besarnya waktu kontak antara air limbah yang akan diolah dengan media biofilm. Sehingga waktu yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan senyawa – senyawa organik akan lebih besar. Sedangkan semakin besar debit dengan waktu tinggal lebih kecil, mengakibatkan kecilnya waktu kontak antara air limbah dengan media biofilm. Sehingga waktu yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan senyawa – senyawa organik akan lebih kecil.

3.2 Hasil Perhitungan Efisiensi BOD₅

Berdasarkan hasil perhitungan dari data – data penurunan BOD₅, didapat hasil perhitungan efisiensi BOD₅. Hasil perhitungan dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 6 Efisiensi BOD₅ Q₁ = 32,5 L/jam, BOD₅ Influen = 195 mg/L

No.	Waktu (Jam ke-)	BOD ₅ Effluent (mg/l)	Efisiensi (%)
1	4	156,00	20,0000
2	8	101,89	48,2051
3	12	82,00	57,9487
4	16	71,00	63,5897
5	20	65,00	66,6667

Sumber: hasil analisis perhitungan

Tabel 6 Efisiensi BOD₅ Q₂ = 43,3 L/jam, BOD₅ Influen = 195 mg/L

No.	Waktu (Jam ke-)	BOD ₅ Effluent (mg/l)	Efisiensi (%)
1	3	176,00	9,7436
2	6	146,00	25,1282
3	9	123,00	36,9231
4	12	98,00	49,7436
5	15	80,00	58,9744

Sumber: hasil analisis perhitungan

Hasil perhitungan efisiensi BOD₅ pada Q₁ = 32,5 L/jam efisiensi mencapai sebesar 66,6667 %, sedangkan pada Q₂ = 43,3 mg/L efisiensi turun menjadi 58,9744 %. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan efisiensi pada Q₂ = 43,3 mg/L. Hal ini juga menunjukkan bahwa pengaruh waktu tinggal di dalam reaktor sangat besar. Semakin kecil debit dengan waktu tinggal lebih besar akan mengakibatkan besarnya waktu kontak antara air limbah yang akan diolah dengan media biofilm. Sehingga konsentrasi zat organik yang diuraikan oleh bakteri semakin banyak.

4 Hasil Perhitungan Kinetika Reaksi

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa konstanta kinetika reaksi Q₁ k 3,9067/hari lebih besar dibanding Q₂ k 3,6585/hari, nilai ini menunjukkan kinetika reaksi pada Q₁ lebih cepat dari Q₂ sehingga penurunan BOD₅ lebih besar pada Q₁.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi pada reaktor *Trickling Filter* yaitu:
 - Efisiensi penyisihan COD pada Q₁ = 32,5 L/jam sebesar 40,4651 %, sedangkan pada Q₂ = 43,3 L/jam terjadi penurunan efisiensi menjadi 32,693 %.
 - Efisiensi penyisihan BOD₅ pada Q₁ = 32,5 L/jam sebesar 66,6667 %, sedangkan pada Q₂ = 43,3 L/jam terjadi penurunan efisiensi menjadi 58,9744 %.

Nilai efisiensi di atas menunjukkan bahwa perbandingan antara Q₁ dan Q₂ lebih baik terjadi pada Q₁ dengan efisiensi sebesar 40,4651% pada COD, sedangkan 66,6667% pada BOD₅. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi pada Q₁ lebih lama waktu tinggalnya (td) yaitu 4 jam.

2. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa konstanta kinetika reaksi Q₁ k 3,9067/hari lebih baik dari pada Q₂ k 3,6585/hari, nilai ini menunjukkan kinetika reaksi pada Q₁ lebih cepat dari Q₂ sehingga penurunan BOD₅ lebih besar pada Q₁

Penulis menyarankan diadakan penelitian lebih lanjut pada *Trickling Filter* dengan menggunakan jenis limbah cair dan media yang berbeda, serta menggunakan resirkulasi; penelitian pada penurunan TKN, NH₄, NO₃ dan lain – lain; selanjutnya mencoba menggunakan *hydraulic loading* (v) dengan nilai terkecil yaitu 1 m/hari agar debit (Q) menjadi lebih kecil yaitu sebesar 11 L/jam dengan td 12 jam agar hasil efisiensi akan menjadi lebih baik; Untuk mendapatkan nilai kinetika harus melakukan beberapa analisa biomasa serta jumlah bakteri yang terdapat pada reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Attached Growth And Combined Biological Treatment Processes*, International Edition, McGraw-Hill, New York.

Metcalf & Eddy. (1979). *Wastewater Engineering Treatment Disposal: Kinetics Of Biological Growth*, McGraw-Hill, New York.

Dar Lin, S. (2001). *Water and Wastewater Calculation Manual: Trickling Filter*, International Edition, McGraw-Hill, New York.

Benefield, L. D. & Randal, C. W. (1980). *Biological Process Design For Wastewater Treatment: Attached-Growth Biological Treatment Processes*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.

Permen LH/15/2008, Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.

PP Republik Indonesia/82/2001, Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air Presiden Republik Indonesia.

Husin, A. (2008). Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob Dalam eaktor *Fixed-Bed*. Tugas Akhir Pasca Sarjana Teknik Kimia-USU, Medan.