

PENURUNAN KONSENTRASI AMONIA, NITRAT, NITRIT DAN COD DALAM LIMBAH CAIR TAHU DENGAN MENGGUNAKAN BIOFILM – KOLAM (*POND*) MEDIA PIPA PVC SARANG TAWON DAN TEMPURUNG KELAPA DISERTAI PENAMBAHAN *ECOTRU*

Rizky Suganda, Endro Sutrisno^{*)}, Irawan Wisnu Wardana^{*)}
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang
email : rizkysuganda60@gmail.com

ABSTRACT

*Tofu is molded from solid food extract soybean (*Glycine sp*) with the deposition process at the isoelectric point of the protein, which is a condition where a clot has formed (solid) perfect protein. Tofu industry produces wastewater which can lead to pollution of the environment. One of the tofu liquid waste treatment is to use the technology pond -biofilm media pvc pipe wasp nest and coconut shell with addition of ecotru. Several pollutants contained in tofu liquid waste is ammonia (NH_3-N), nitrate (NO_3-N), nitrite (NO_2-N) and COD. The results obtained from this study indicate that the effect of residence time on decreasing the concentration of nitrate (NO_3-N) and nitrite (NO_2-N) in tofu liquid waste. The longer residence time of wastewater in the reactor, the greater the efficiency of the resulting decrease in concentration. The highest removal efficiency of ammonia (NH_3-N), nitrate (NO_3-N), nitrite (NO_2-N), and COD was 80.63%, 84.01%, 68.25% and 96.49% at the residence time 5 hours in the reactor drum, while the removal efficiency of the reactor pool ammonia (NH_3-N), nitrate (NO_3-N), nitrite (NO_2-N) and COD was 78.40%, 79.27%, 65.28% and 94.74% with a residence time of 5 hours. Decrease in the concentration of ammonia (NH_3-N), nitrate (NO_3-N) and nitrite (NO_2-N) on tofu wastewater biofilter media using pvc pipe wasp nest and coconut shell have met the quality standards appropriate Class II wastewater Central Java Provincial Regulation No. 5 of 2012 amounted to ammonia (NH_3-N) of 20 mg / l, nitrate (NO_3-N) at 30 mg / l and nitrite (NO_2-N) of 3 mg / l. As for the COD concentration not meet the quality standards with a standard of 250 mg / l.*

Keywords : Biofilter, (Pond)-Biofilm, PVC Pipe Hornet's Nest, Coconut Shell, Ammonia, Nitrite, Nitrate, COD.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahu adalah makanan padat yang dicetak dari sari kedelai (*Glycine sp*) dengan proses pengendapan protein pada titik isoelektriknya, yaitu suatu kondisi dimana telah terbentuk gumpalan (padatan) protein yang sempurna pada suhu 50°C dan cairan telah terpisah dari padatan protein tanpa atau dengan penambahan zat lain yang diizinkan antara lain bahan pengawet dan bahan pewarna (Pohan, 2008).

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan, limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam

air sehingga akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam (Ratnani, 2011). Dalam 1 kg bahan baku kedelai dibutuhkan rata-rata 45 liter air dan akan dihasilkan limbah cair berupa *whey* tahu rata-rata 43,5 liter. *Whey* mengandung bahan-bahan organik berupa protein 40%-60%, karbohidrat 25%-50% dan lemak 10% dan dapat segera terurai dalam lingkungan berair menjadi senyawa-senyawa organik turunan yang dapat mencemari lingkungan (Pohan, 2008).

Dalam upaya mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah cair tahu, maka proses pengolahan limbah wajib dilakukan sebelum limbah tersebut dibuang ke badan perairan. Salah satu sistem pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan teknologi biofilm - kolam (*pond*) dengan

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

menggunakan media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa disertai penambahan *ecotru*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan konsentrasi pencemar yang terdapat dalam limbah cair tahu seperti amonia, nitrit, nitrat dan COD dapat diturunkan dan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012.

1.2 Tujuan

Tujuan Penelitian ini adalah :

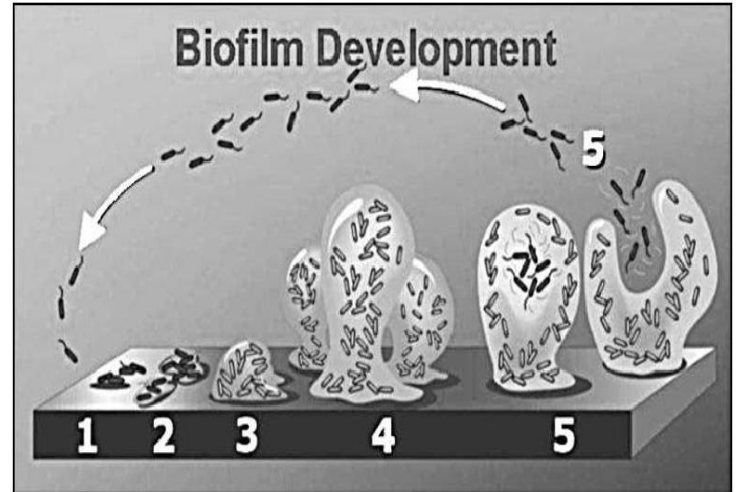
- 1) Menganalisis pengaruh waktu tinggal untuk penurunan konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan COD dalam limbah cair tahu.
- 2) Mengetahui efisiensi media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa untuk menurunkan konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan COD pada limbah cair tahu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Biofilm atau biofilter merupakan sekumpulan *aggregate* dari mikroorganisme atau produk polimer ekstraselular yang melekat pada permukaan padat atau padatan organik inert dalam lingkungan berair (Jamilah, 1998).

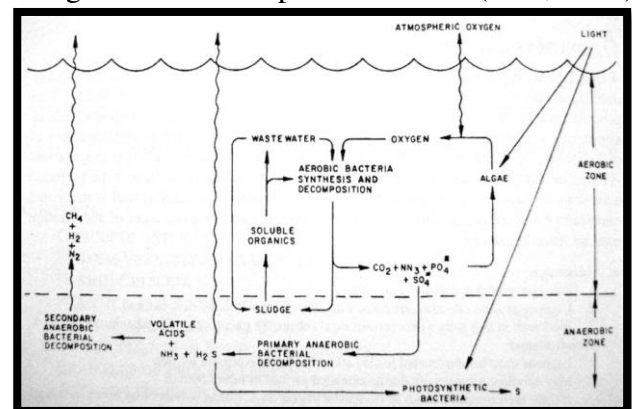
Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm atau biofilter dapat dilakukan secara aerobik, anaerobic atau gabungan proses aerob-anaerob. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut didalam reaktor air limbah, dan proses anaerobic dilakukan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi aerob-anaerob adalah gabungan proses anaerobic dan proses aerobik. Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan kandungan nitrogen didalam air limbah (Hikami, 1992 dalam Said dan Ruliasih, 2005).

Skema pendek dari siklus ini yang diambil dari Stoodley (2002) dalam Sudarno (2012) ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1
Perkembangan Biofilm : 1. Non Permanen;
2. Permanen; 3. Maturasi;
4. Detachment; 5. Penutupan Siklus

Salah satu teknik pengolahan secara biologis adalah sistem kolam stabilisasi. Proses anaerobik terjadi pada bagian dasar kolam. Kondisi stagnan di dalam lumpur didasar kolam menyebabkan terhambatnya transfer oksigen ke daerah tersebut sehingga terjadi kondisi anaerob. Kolam stabilisasi anaerobik beroperasi dengan populasi bakteri yang rendah. Pada kolam stabilisasi jarang sekali ditemukan konsentrasi bakteri melebihi 100 mg/L. Penurunan kandungan bahan organik menggunakan sistem kolam mencapai 30% - 95% sedangkan konsentrasi penurunan kandungan NH_4^+ mencapai 70% - 75% (Said, 2000).



Gambar 2
Proses Pengolahan Biologis Pada Sistem Kolam

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Cair Tahu

Data yang diuji adalah konsentrasi amonia (NH_3), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), COD, pH dan suhu. Hasil uji karakteristik awal air limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 4.1

Pengujian karakteristik awal limbah cair tahu dilaksanakan dengan mengambil sampel limbah cair tahu dari industri tahu rumah tangga di Lamper Krajan RT.02/RW.02, Kel. Lamper Lor, Semarang Selatan, Semarang.

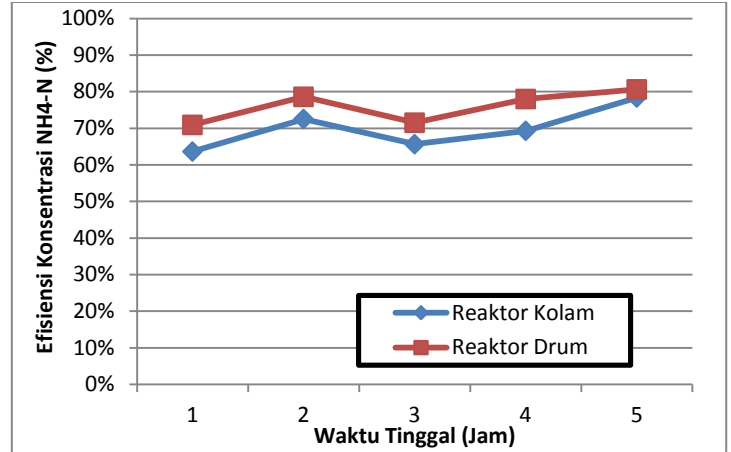
No	Parameter	Hasil Uji	Keputusan Menteri Lingkungan Hidup KEP-51/MENLH/10/1995 Golongan II	Keterangan
1	Amonia (NH_3)	27,99 mg/l	20 mg/l	Tidak Memenuhi
2	Nitrat (NO_3)	65,89 mg/l	30 mg/l	Tidak Memenuhi
3	Nitrit (NO_2)	6,51 mg/l	3 mg/l	Tidak Memenuhi
4	COD	9500 mg/l	250 mg/l	Tidak Memenuhi
5	pH	3,71	6,0-9,0	Tidak Memenuhi
6	Suhu	38°C	38°C	Memenuhi

3.2 Running dan Pengaruh Waktu Tinggal

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas yang ditetapkan adalah waktu tinggal 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Variabel terikat yaitu konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan COD. Variabel kontrol yaitu pH dan suhu.

3.2.1 Pengukuran Konsentrasi Amonia

Waktu tinggal dan proses pengolahan mempengaruhi penyisihan amonia, selain hal itu kondisi operasional pada saat pengolahan menjadi salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini. Dari hasil analisis penurunan konsentrasi amonia dengan waktu tinggal yang berbeda didapatkan penurunan konsentrasi yang berbeda.



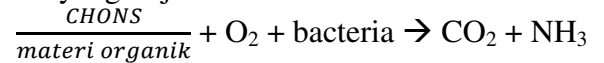
Gambar 3
Efisiensi Konsentrasi $\text{NH}_4\text{-N}$

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan amonia paling tinggi sebesar 80,63 % pada waktu tinggal 5 jam dengan konsentrasi amonia sebesar 5,422 mg/l di reaktor drum. Sedangkan pada reaktor kolam pada waktu tinggal 5 jam efisiensi penurunan konsentrasi amonia sebesar 78,40 % dengan konsentrasi amonia sebesar 6,044 mg/l.

Ketidakstabilan efisiensi penurunan konsentrasi amonia pada penelitian ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Materi organik yang terdapat dalam air limbah didegradasi oleh bakteri heterotrofik tidak stabil, sehingga akan mempengaruhi konsentrasi amonia (Gray, 2004).

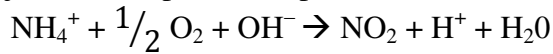
Reaksi yang terjadi adalah :



- 2) Oksigen terlarut yang terdapat dalam limbah cair untuk proses nitrifikasi kurang (Said dan Tresnawaty, 2001). Gray (2004) mengatakan oksigen terlarut yang dibutuhkan dalam proses nitrifikasi $\text{DO} > 1 \text{ mg/l}$. Pada penelitian ini, terdapat kesalahan, karena tidak mengukur DO dan warna air limbah menjadi gelap. Namun hal ini dapat dibuktikan dengan adanya perubahan warna air limbah menjadi hitam, kondisi menurut Gray (2004) air limbah seharusnya berubah menjadi coklat kemudian berubah warna menjadi coklat kekuningan sesuai dengan lamanya hari. Jika seluruh oksigen dalam air limbah digunakan dalam

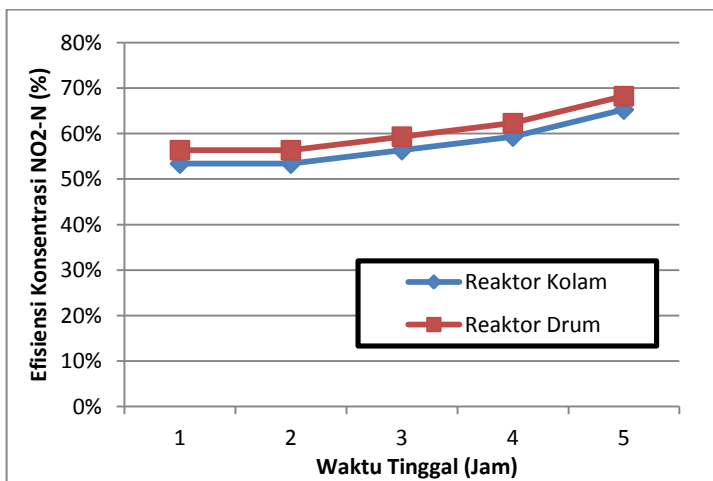
^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

pengolahan, maka air limbah akan mengalami kondisi anaerobik sehingga menyebabkan warna air limbah menjadi gelap. Proses oksidasi amonia menjadi nitrit dapat dilihat pada reaksi berikut:



- 3) Kekeruhan air limbah mempengaruhi proses penyisihan amonia oleh mikroorganismen yang melekat pada lapisan substratum (Herlambang, 2010).

3.2.2 Pengukuran Konsentrasi Nitrit

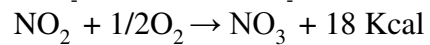


Gambar 4
Efisiensi Konsentrasi NO₂-N

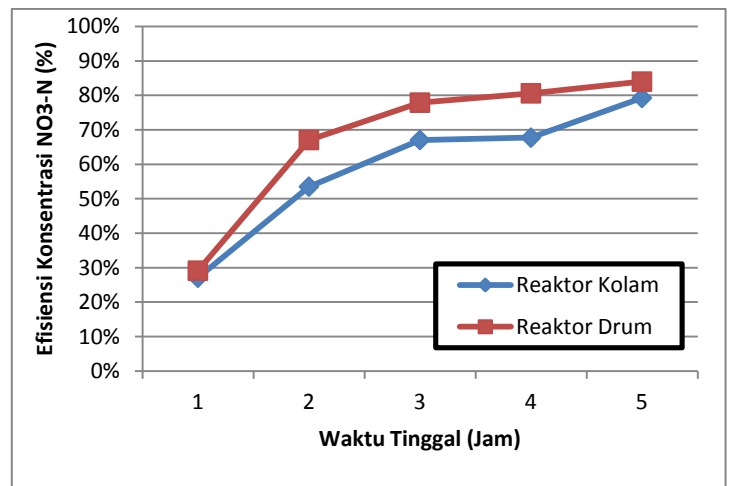
Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan nitrit paling tinggi sebesar 68,25 % pada waktu tinggal 5 jam dengan konsentrasi nitrit sebesar 2,07 mg/l di reaktor drum. Sedangkan pada reaktor kolam pada waktu tinggal 5 jam efisiensi penurunan konsentrasi nitrit sebesar 65,28 % dengan konsentrasi nitrit sebesar 2,26 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang melekat pada media biofilter pipa PVC sarang tawon dan tempurung kelapa pada reaktor drum mampu mengurangi konsentrasi nitrit dibandingkan dengan reaktor kolam yang tidak terdapat media biofilter. Konsentrasi nitrit pada reaktor kolam dan reaktor drum yaitu sebesar 2,26 mg/l dan 2,07 mg/l telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu sebesar 3 mg/l.

Berdasarkan Gambar 4, konsentrasi nitrit dengan waktu tinggal 1-5 jam memiliki konsentrasi yang kecil dibandingkan dengan konsentrasi amonia, hal ini

menunjukkan bahwa senyawa nitrit merupakan senyawa yang tidak stabil dan mudah teroksidasi dalam proses nitrifikasi dan membentuk nitrat, selama nitrit terbentuk dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobacter*. Tahap oksidasi ion nitrit (NO₂⁻) menjadi nitrat (NO₃⁻) oleh bakteri *nitrobacter* dapat dilihat pada reaksi berikut :



3.2.3 Pengukuran Konsentrasi Nitrat

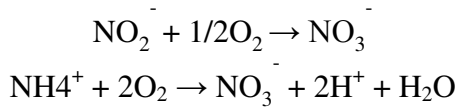


Gambar 5
Efisiensi Konsentrasi NO₃-N

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan nitrat paling tinggi sebesar 84,01 % pada waktu tinggal 5 jam dengan konsentrasi nitrat sebesar 10,54 mg/l di reaktor drum. Sedangkan pada reaktor kolam pada waktu tinggal 5 jam efisiensi penurunan konsentrasi nitrat sebesar 79,27 % dengan konsentrasi nitrat sebesar 13,66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang tumbuh pada reaktor drum mampu mengurangi konsentrasi nitrat dengan baik dibandingkan dengan bakteri yang terdapat pada reaktor kolam. Konsentrasi nitrat pada reaktor kolam dan reaktor drum yaitu sebesar 10,54 mg/l dan 13,66 mg/l telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu sebesar 30 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan biofilm yang terbentuk pada reaktor drum telah mengalami proses pematangan dengan baik, sehingga semakin lama waktu tinggal maka penurunan konsentrasi nitrat akan semakin baik.

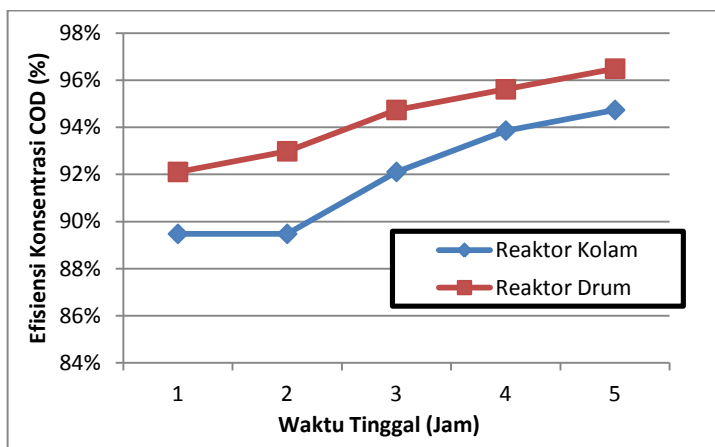
^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Penelitian Herlambang (2010), menunjukkan peningkatan efisiensi konsentrasi nitrat setelah dilakukan penambahan suplai udara ke dalam reaktor, sehingga proses nitrifikasi dengan produk akhir nitrat berjalan dengan baik. Akibat yang ditimbulkan adalah terganggunya proses denitrifikasi untuk menurunkan konsentrasi nitrat dalam kondisi anaerob. Reaksi pembentukan nitrat akibat adanya oksigen adalah :



Dengan membandingkan penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki efisiensi penurunan konsentrasi nitrat pada reaktor kolam dan reaktor drum yang mencapai 84,01% dan 79,27% menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah cair tahu dengan kolam (*pond*)-biofilm media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa disertai penambahan lumpur IPAL Tahu dan *Ecotru*. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang melekat pada media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa maupun mikroorganisme pertumbuhan tersuspensi mampu menurunkan konsentrasi nitrat pada kondisi anaerobik, nitrat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen (Herlambang dan Marsidi, 2003).

3.2.4 Pengukuran Konsentrasi COD



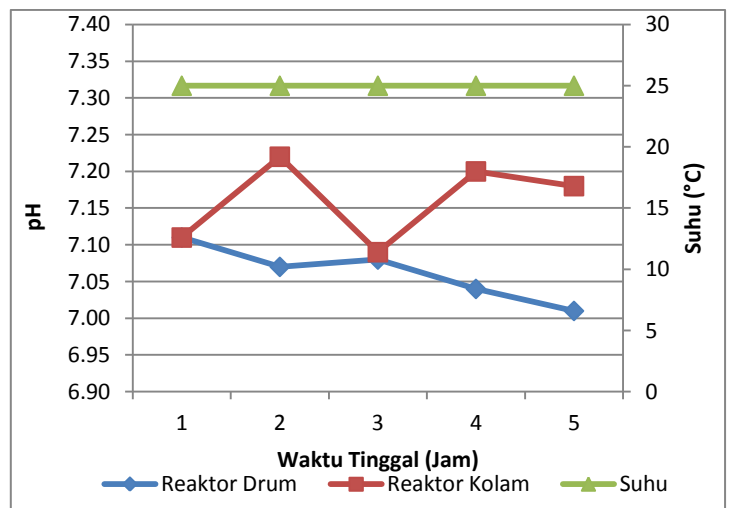
Gambar 6
Efisiensi Konsentrasi COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penurunan COD paling tinggi sebesar 96,49 % pada waktu tinggal 5 jam dengan konsentrasi COD sebesar

333 mg/l di reaktor drum. Sedangkan pada reaktor kolam pada waktu tinggal 5 jam efisiensi penurunan konsentrasi amonia sebesar 94,74 % dengan konsentrasi COD sebesar 500 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang tumbuh pada reaktor kolam tidak mampu mengurangi konsentrasi nitrat dengan baik dibandingkan dengan bakteri yang terdapat pada reaktor drum yang terdapat media biofilter pipa PVC sarang tawon dan tempurung kelapa. Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa semakin lama waktu tinggal maka penurunan konsentrasi COD akan semakin efektif.

Pada penelitian yang dilakukan Beata (2010) berjudul “Penurunan COD Limbah Tahu Dengan Biofilter Media Kerikil”, menunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi COD paling tinggi sebesar 87,98 % pada waktu tinggal 96 jam dengan debit influent 25 ml/menit. Pada penelitian ini efektif mengubah pH menjadi netral, selain itu efisiensi COD dengan pengolahan biofilter anaerob dapat mencapai 76,24 % - 87,90 %.

3.2.5 Pengukuran Nilai pH dan Suhu



Gambar 7
Hubungan Nilai pH dan Suhu Terhadap Waktu Tinggal

Berdasarkan Gambar 7, nilai pH tertinggi sebesar 7,18 pada waktu tinggal 5 Jam di reaktro kolam dan suhu limbah cair yang diuji mulai dari waktu tinggal 1 Jam-5 Jam tetap konstan yaitu 25°C. Nilai pH dan suhu pada saat pengolahan telah memenuhi standar baku mutu seuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Golongan II dengan nilai pH sebesar 6,0-9,0 dan suhu sebesar 40°C. Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1-14; kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral. Limbah cair industri tahu mempunyai nilai pH sebesar 4,5-5. Kisaran pH yang dapat ditoleransi tanaman air dan mikroorganisme adalah antara 5-9, jadi jika tidak diolah terlebih dahulu akan mencemari lingkungan (Ratnani, 2011).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

- 1) Pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan COD dalam limbah cair tahu. Semakin lama waktu tinggal air limbah di dalam reaktor, maka semakin besar pula efisiensi penurunan konsentrasi yang dihasilkan. Laju rata-rata penurunan konsentrasi amonia, nitrit, nitrat dan COD secara berturut-turut sebesar 4,38 mg/l/jam, 0,85 mg/l/jam, 10,45 mg/l/jam dan 1800 mg/l/jam untuk reaktor kolam. Sedangkan untuk reaktor drum laju penurunan konsentrasi amonia, nitrit, nitrat dan COD secara berturut-turut sebesar 4,50 mg/l/jam, 0,88 mg/l/jam, 11,07 mg/l/jam dan 1833,34 mg/l/jam.
- 2) Efisiensi penurunan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan COD tertinggi sebesar 84,01%, 68,25% dan 96,49% pada waktu tinggal 5 jam dalam reaktor drum, sedangkan pada reaktor kolam efisiensi penurunan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan COD tertinggi sebesar 79,27%, 65,28% dan 94,74% dengan waktu tinggal 5 jam. Pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) tidak menunjukkan hasil yang optimal karena hasil pengukuran tidak stabil. Namun efisiensi tertinggi konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) sebesar 80,63% pada waktu tinggal 5 jam di reaktor drum, sedangkan pada reaktor kolam efisiensi penurunan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) tertinggi sebesar 78,40% pada waktu tinggal 5 jam

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan saran dari Peneliti yaitu:

- 1) Perlunya penelitian lanjutan dengan kolam (*pond*) – biofilm dengan media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa disertai penambahan pengembangan bakteri dengan metode yang berbeda.
- 2) Perlunya penelitian lanjutan dengan kolam (*pond*) – biofilm dengan media biofilter yang berbeda dengan penambahan blower pada reaktor kolam, sehingga suplai oksigen di reaktor optimal.
- 3) Perlunya penelitian lanjutan kolam (*pond*) – biofilm dengan media biofilter pipa pvc sarang tawon dan tempurung kelapa menggunakan variasi debit yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Mitraperkasa.blogspot.com/2012/12/ecotru. Diakses Pada Tanggal 30 Juni 2014.
- Afandi, Y.V., 2003. Uji Penurunan Kandungan Nitrat dan Fosfat oleh Alga Hijau (*Chlorella sp*) secara Kontinyu, Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Agustian, J. 2003. Immobilization of Activated Sludge in A Column Type Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor. *Majalah IPTEK*. Vol.14 No.4 Hal 185-192.
- Alaerts, G dan Santika, SS. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Aswadi, M. 2011. Pemodelan Fluktuasi Nitrogen (Nitrit) Pada Aliran Sungai Palu. *Jurnal Ilmiah SMARTek*. Fakultas Teknik. Universitas Tadulako. Palu.
- Balch, W, E. Schoberlh, S., Tanner, R, S dan Wolfe R,S. 1977. *Acetobacterium, A New Genus of Hydrogen Oxidizing, Carbon dioxide-Reducing, Anaerobic Bacteria*.
- Brigden, K. and Stringer, R. 2000, *Ammonia and Urea Production : Incidents of Ammonia Release From The Profertil Urea and Ammonia Facility, Bahia Blanca, Argentina, Greenpeace Research Laboratories, Departement of Biological Science University of Exeter, UK.*

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

- Chasanah, A.N. 2007. Efektifitas Biofilm *Pseudomonas putida* Dengan Medium Pendukung Pipa PVC dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Kromium (Cr) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. FMIPA. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Effendi H. 2003. Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Ekasari, S.R. 2013. Penyisihan Amonia dari Air Limbah Menggunakan Gabungan Proses Membran dan Oksidasi. Laporan Tesis. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Eckenfelder, W. 2000. Industrial Water Pollution Control 3rd Edition. International Edition. Mc Graw – Hill Book Higher Education. Singapore.
- Esmiralda, H. 2011. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Lin). Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas. Universitas Andalas.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Grady, C.P.L and Lim, H.C.(1980). “Biological Wastewater Treatment”, Marcel Dekker Inc. New York.
- Gray, N.F. 2004. Biology of Wastewater Treatment (Second Edition). Imperial College Press. University of Dublin. Ireland
- Henze, Mogens, Poul Harremoës, Jes La Cour Jansen dan Erik Arvin. 1995. Wastewater Treatment Biological dan Chemical Processes. Springer-Verlag. Jerman.
- Herlambang, A, Widayat, W, Suprihatin. 2010. Penyisihan Amonia dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon. JAI VOL: 6 (2010). No : 1.
- Herlambang, A dan Marsidi, R. 2003. Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Nitrat. BPPT. Jakarta.
- Husin, A. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed-Bed. Laporan Tesis. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Jamilah, I. Syafruddin dan Mirzawati. 1998. Pembentukan dan Kontrol Biofilm *Aeromonas Hydrophila* pada Bahan Plastik dan Kayu. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kusuma, B, A. 2013. Penurunan Kadar BOD dan Amonia Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Teknologi Biofilm dengan media Filter Bunga Pinus, Potongan Bambu dan Bioball. Laporan Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Manahan, S.E. 1994. Environmental Chemistry 6th . Lewis Publisher. USA.
- Metcalf dan Eddy. 2003. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th. McGraw Hill Book Co. New York.
- Pandebesie, E.S., dan Susi Agustina, W., 2004. Inhibisi Nitrat Terhadap Pertumbuhan Algae Hijau (*Chlorella* sp). Jurnal Rekayasa Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UPN “VETERAN” JATIM.
- Pelczar, Chan. 1988. Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 2. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Pohan, N. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik. Laporan Tesis. Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
- Pribadi, A. 2008. Pengaruh Konsentrasi COD dan Amonia (NH₃) Terhadap Penyisihan Nitrogen Pada Pengolahan Limbah Cair Dengan Metode Simultaneous Nitrification Denitrification. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ratnani, R. 2011. Kecepatan Penyerapan Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Lumpur Aktif. Momentum Vol. 7 No. 2 Oktober 2011 : 18 – 24. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Retnosari, A.E.P., 1998. Dekonsentrasi Amonium dan Nitrat oleh Duckweed. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

- Rittman, B, E dan McCarty. 2001. *Environmental Biotechnology : Principle and Applications*. McGraw Hill International Ed. New York.
- Riza, A. 2013. Studi Pengaruh Waktu Tinggal dan Pengolahan Ganda Terhadap Parameter Amoniak, Nitrit dan Nitrat Lindi Dengan Biofilter Sistem Anaerob-Aerob. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. UNDIP. Semarang.
- Said, N.I, Arie Herlambang dan Wahyu Hidayat. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT. Jakarta.
- Said, N, I. dan Tresnawaty, R. 2001. Penghilangan Amonia di dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.2.Fakultas Teknik Universitas Trisakti.
- Said, N, I. dan Firly. 2005. Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *JAI*. Vol.1, No.3. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Said, N, I. dan Ruliasih. 2005. Tinjauan Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah. *JAI*. Vol.1, No.3. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Said, N, I. dan Wahjono, D.H. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologo Informasi, Energi, Material dan Lingkungan. BPPT.Jakarta.
- Sihaloho, W, S. 2009. *Analisa Kandungan Amonia Dari Limbah Cair Inlet dan Outlet Dari Beberapa Industri Kelapa Sawit*. Karya Ilmiah. FMIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sudarno. 2012. Perkembangan Biofilm Nitrifikasi Di Fixed Bed Reactor Pada Salinitas Tinggi. *Jurnal Presipitasi* Vol. 9 No.1 Maret 2012, ISSN 1907-187X. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suriawiria, U. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar – dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Surya, E. 2007. Hubungan Konsentrasi Nitrat Terhadap Perubahan Parameter COD di Sungai Progo. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suyata, I. 2009. Penurunan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. Program Studi Kimia. Jurusan MIPA, Fakultas Sains dan Teknik. UNSOED. Purwokerto.
- Tchobanoglous, George and Franklin L., Burton. 2003. *Wastewater Engineering - Treatment and reuse (4th edition)*, Mc Graw Hill Inc. Singapura.
- Valupadas, P. 1999. *Wastewater Management Review for Fertilizer Manufacturing Sector*, Environmental Science Division, Environmental Service.
- Yuniarti, S. 2006. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob*. Program Magister Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Yuniasari, D. 2009. Pengaruh Pemberian Bakteri Nitrifikasi Dan Denitrifikasi Serta Molase Dengan C/N Rasio Berbeda Terhadap Profil Kualitas Air, Kelangsungan Hidup, Dan Pertumbuhan Udang Vaname *litopenaeus vannamei*. Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

^{*)}Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang