

Efektivitas Teknik Biofiltrasi Dengan Media Sarang Tawon Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total Limbah Cair

Gea Paramudhita Sali¹, Anggi Suprabawati¹, Yuli Purwanto²

¹⁾ Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Terusan Jendral Sudirman, PO Box 148 Cimahi, Jawa barat

²⁾ Divisi Pengujian, PT Superintending Company of Indonesia, Jl. Soekarno Hatta No 217, Bandung 40233

E-mail : geaparamudhitas@gmail.com

Abstrak

Setiap limbah cair industri memiliki baku mutu yang dipersyaratkan berdasarkan PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII, sehingga dilakukanlah penelitian dalam upaya memperoleh suatu sistem pengolahan air limbah yang cukup sederhana untuk memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan tersebut. Penelitian dilaksanakan dengan melakukan pengolahan limbah yang mengandung nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), dan ammonia (NH_3) dengan menerapkan sistem nitrifikasi biologis yang menggunakan reaktor biofilter tercelup menggunakan media sarang tawon. Pemilihan sistem ini karena telah diketahui cara biologis adalah cara yang paling ekonomis dan reaktor biofilter tercelup merupakan sistem yang mudah dioperasikan dengan hasil yang cukup maksimal. Hasil penelitian diperoleh efektivitas penurunan kadar nitrit (NO_2) sebesar 97,23%, kadar ammonia (NH_3) sebesar 85,80%, kadar N-total sebesar 43,65% dan kenaikan kadar nitrat (NO_3) sebesar 21,92%, dengan waktu tinggal optimal selama 6-7 hari. Hal ini terjadi karena adanya bakteri pengurai yang melekat pada media sarang tawon yang dapat merombak senyawa-senyawa nitrogen.

Kata kunci : nitrifikasi, biofilter, media sarang tawon, bakteri nitrifikasi, nitrogen, limbah cair

Abstract

Based rules on PERMEN LH Regulation no. 5 of 2014 in XLVII that any industrial liquid waste must be required quality standards, so the research done for get a simple wastewater treatment system that can be applied in small industries. The research was carried out by processing nitrate (NO_3), nitrite (NO_2), and ammonia (NH_3) wastes by applying a biological nitrification system using an immersed biofilter reactor with a honeycomb medium. This biological system is the most economical way and easy to operate with maximum results. The result of the experiment showed that the decrease of nitrite (NO_2) level was 97,23%, the ammonia (NH_3) was 85,80%, the nitrogen total was 43,65% and the nitrate (NO_3) increase was 21,92% with optimal time of 6-7 days. This occurs because of the decomposing bacteria attached to the honeycomb medium which can break down the nitrogen compounds.

Keywords : nitrification, biofilter, honeycomb media, nitrifier bacteria, nitrogen, wastewater

PENDAHULUAN

Air limbah industri adalah sisa dari hasil produksi industri. Kualitas air limbah sangat bergantung pada tipe, jenis aktivitas, dan besar kecilnya industri.

Air limbah industri pada umumnya berasal dari :

1. Air limbah yang berasal dari proses produksi. Banyaknya limbah dan kualitas air limbah ini bergantung pada jenis produk yang dihasilkan industri. Biasanya banyak mengandung zat warna, senyawa-senyawa organik terlarut, dan mikroba.
2. Air pencuci alat-alat, mesin, wadah dan lain. Biasanya banyak mengandung detergen, antiseptik, dan materi terdispersi, serta mengandung sedikit

produk yang dihasilkan oleh industri tersebut.

3. Air yang berasal dari pemanas atau pendingin. Air limbah ini dikenal dengan istilah pencemaran termik, karena air limbah ini mempunyai suhu yang tinggi.
4. Air yang berasal dari laboratorium pengawasan kualitas. Air limbah ini mengandung banyak senyawa kimia yang sering digunakan dalam proses pengujian seperti, asam, basa, garam, logam, dan senyawa organik.

Air buangan industri maupun air buangan domestik pada umumnya mengandung ion organik dan anorganik. Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), dan Ammonia (NH_3) merupakan bagian dari siklus nitrogen yang bersifat karsinogenik. Baku mutu air

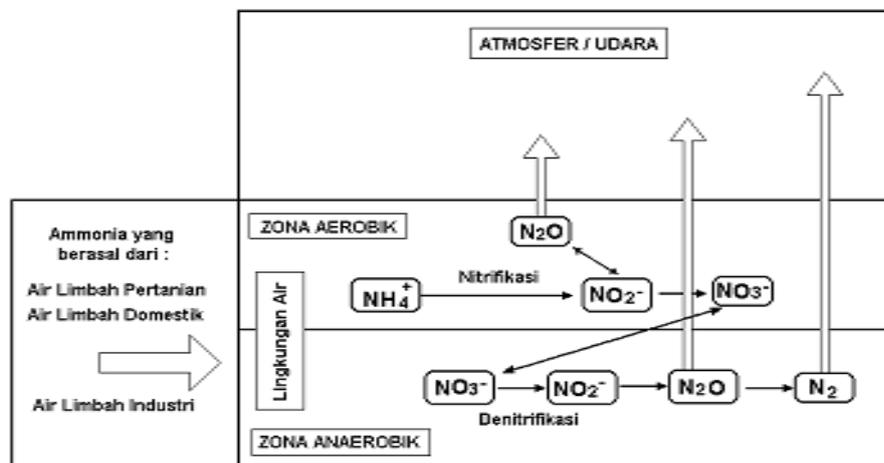
limbah industri hasil produksi maupun laboratorium pengawasan kualitas berdasarkan PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII, konsentrasi nitrogen total maksimum pada lingkungan yang diperbolehkan adalah 30 mg/L dan ambang batas senyawa nitrat yaitu 20 mg/L, nitrit dan ammonia yaitu 1 mg/L.

Proses pengolahan air limbah secara biologi yang banyak digunakan adalah dengan biakan melekat. Proses yang sering digunakan yaitu teknik biofilter baik secara aerob maupun anaerob. Proses biofilter adalah teknik reaktor biologis dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media. Dengan adanya lapisan mikroorganisme yang tumbuh menempel pada permukaan media tersebut maka polutan yang ada di dalam air

limbah akan diuraikan menjadi produk respirasi yaitu CO₂ dan H₂O (Marsidi dan Herlambang, 2002).

Siklus Nitrogen

Ammonia sangat berguna bagi tumbuhan dan mikroorganisme untuk asimilasi menjadi sel baru yang memberikan lebih banyak nitrogen organik. Untuk mengetahui sejauh mana peran senyawa nitrogen dalam proses pertumbuhan, maka perlu diketahui bentuk serta perubahannya yang terjadi di alam dalam suatu siklus yang disebut siklus nitrogen. Siklus nitrogen yang terjadi di lingkungan perairan, secara sederhana dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Ilustrasi Siklus Nitrogen yang Terjadi di Lingkungan Perairan (Gabriel, 1994)

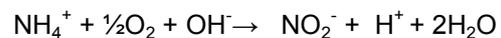
Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Senyawa ini dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia amonium, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi aerobik, selama nitrit terbentuk, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter. Sedangkan pada kondisi anaerobik, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen. (Marsidi dan Herlambang, 2002).

Proses Nitrifikasi

Proses nitrifikasi didefinisikan sebagai konversi nitrogen amonium (N-NH₄) menjadi nitrit (N-NO₂) yang kemudian menjadi nitrat (N-NO₃) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik (Gardy and Lim, 1980). Proses nitrifikasi melalui beberapa tahap yakni :

1. Tahap Nitritasi

Tahap ini merupakan tahap oksidasi ion amonium (NH₄⁺) menjadi ion nitrit (NO₂⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrosomonas* menurut reaksi berikut :



2. Tahap Nitritasi

Tahap ini merupakan tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO₃⁻) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrobacter* menurut reaksi berikut :



Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat dari persamaan berikut :



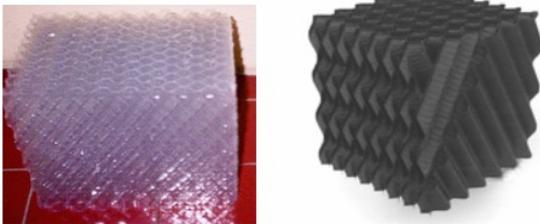
Kedua reaksi di atas berlangsung secara reaksi eksotermik (reaksi yang

menghasilkan energi). Jika kedua jenis bakteri tersebut ada, baik di tanah maupun di perairan, maka konsentrasi nitrit akan menjadi berkurang karena nitrit yang dibentuk oleh bakteri *nitrosomonas* akan dioksidasi oleh bakteri *nitrobacter* menjadi nitrat.

Media Biofilter Sarang Tawon

Media sarang tawon merupakan media terstruktur dari bahan plastik dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga yang besar sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil.

Konstruksi media terstruktur biasanya merupakan lembaran dari bahan PVC (*polyvinyl chlorida*). Metoda konstruksi ini memungkinkan media terstruktur diproduksi dengan harga yang lebih murah per unit luas permukaan dibandingkan pencetakan secara injeksi. PVC relatif merupakan resin murah dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan PP atau HDPE. PVC pada awalnya bersifat *hidrophobic* namun biasanya menjadi basah atau mempunyai sifat kebasahan yang baik dalam waktu satu sampai dua minggu. Contoh media *biofilter* sarang tawon dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bentuk Media Terstruktur Tipe Sarang Tawon

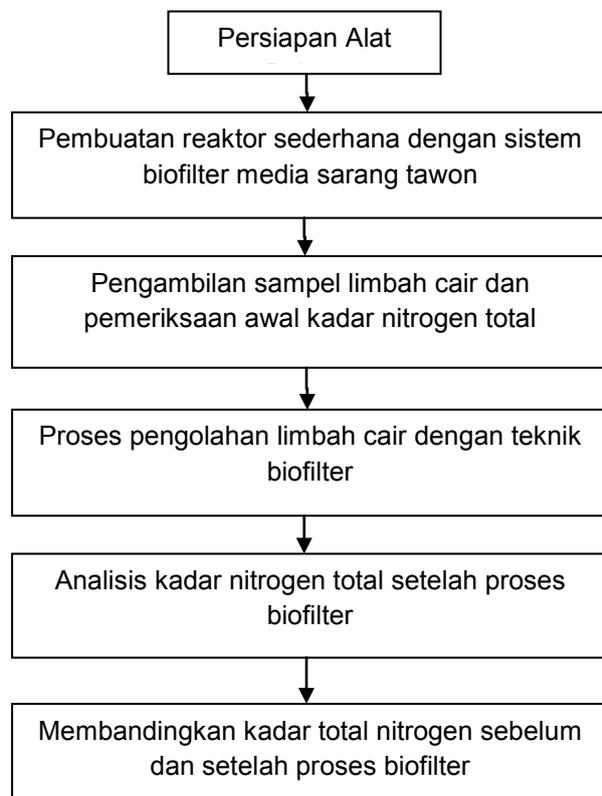
Lembaran-lembaran PVC disambung membentuk blok segi-empat. Beberapa media mempunyai tube/ saluran dalam yang hanya mengalirkan sepanjang satu axis. Jenis lain dari media terstruktur yang dikenal sebagai *cross corrugated packing* yang memungkinkan aliran mengalir sepanjang dua axis. Hampir semua media terstruktur digunakan untuk biofilter adalah jenis aliran silang atau *cross flow* (Said dan Ruliasih, 2005).

Dengan mempertimbangkan beberapa aspek penting terhadap pemilihan media seperti luas permukaan spesifik, jenis material, perawatan, dan lainnya maka dilakukan penelitian untuk mengurangi konsentrasi nitrogen total ini salah satunya dengan mencoba menggunakan teknik

biofilter dengan media sarang tawon pada proses pengolahannya.

METODOLOGI PENELITIAN

Struktur reaktor biofilter menyerupai saringan (filter) yang terdiri atas media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu bejana. Fungsi media penyangga adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (biofilm). Mikroorganisme ini menguraikan bahan organik yang ada dalam air. Ketebalan lapisan biofilm menyebabkan difusi oksigen berkurang terhadap lapisan terdalam biofilm tersebut sehingga dapat menyebabkan terjadinya kondisi anaerobik pada lapisan permukaan media (Metcalf & Eddy, 1991). Alur penelitian diilustrasikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Penentuan Kadar Ammonia (SNI 06-6989.30-2005)

Alat dan Bahan yang digunakan yaitu Larutan fenol (C_6H_5OH) 40%, Larutan Natrium Nitroprussid ($Na_2[Fe(CN)_5NO]$) 0.5%, Larutan Oksidasi, dan Spektrofotometer UV-Vis. Penentuan kadar ammonia yaitu 25 mL sampel ditambahkan 1 mL Phenol dan 1 mL Nitroprussid, kemudian 2,5 mL larutan oksidasi. Intensitas dari warna biru yang dihasilkan diukur

dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm.

Penentuan Kadar Nitrit (SNI 06-6989.9-2004)

Alat dan Bahan yang digunakan yaitu larutan asam sulfanilat 1%, larutan N-(1-naphthyl)-ethylenediamine (NED) 0.1% dan spektrofotometer UV-Vis. Analisa NO_2 ini dilakukan secara kolorimetri dengan menambahkan 1 mL asam sulfanilat dan 1 mL larutan NED ke dalam 50 mL sampel Nitrit (NO_2) yang selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 539 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan Kadar Nitrat (APHA 4500- NO_3 -B, 2012)

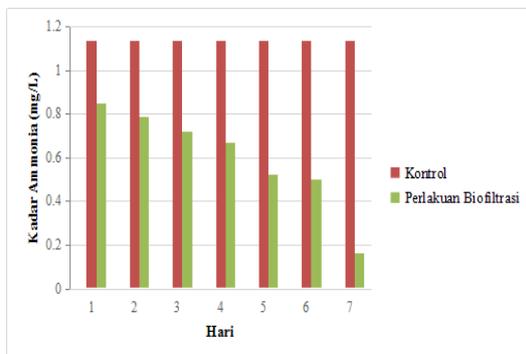
Alat dan Bahan yang digunakan yaitu HCl 1 N dan Spektrofotometer UV. Pada penentuan kadar nitrat (NO_3), sebanyak 50 mL sampel ditambahkan larutan HCl 1N. Kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 220 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum proses biofilter berlangsung, sampel limbah dianalisa terlebih dahulu sebagai kontrol (pengukuran sampel awal) untuk melihat efisiensi maksimum dari proses biofilter media sarang tawon. Setelah proses biofilter dan pembiakan bakteri berjalan selama 3 (tiga) hari baru dilakukan analisa air sesudah pengolahan dengan masa tinggal sampai 7 hari. Analisa yang dilakukan meliputi Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), dan Ammonia (NH_3).

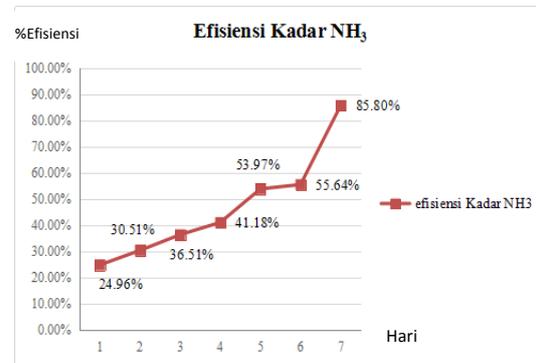
Penentuan kadar Ammonia

Penurunan kadar ammonia setelah proses biofiltrasi terjadi secara signifikan pada hari ke 7 yaitu sebesar 85,80% dibandingkan dengan kontrol (pengukuran sampel awal). Dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Konsentrasi Ammonia

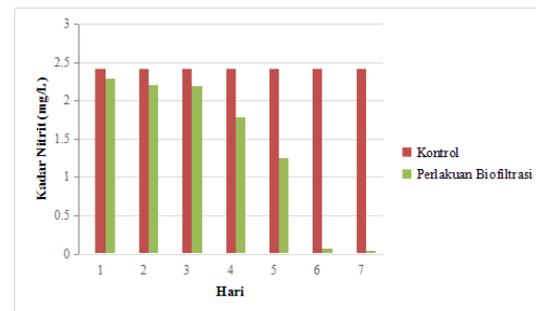
Penurunan kadar ammonia ini berbeda dengan kadar nitrit dimana kadar ammonia ini terjadi penurunan signifikan pada hari ke 7. Perbedaan tersebut dapat diakibatkan karena bakteri pengurai ammonia yaitu *Nitrosomonas* mengalami fase *exponensial* atau fase pertumbuhan yang optimal pada hari ke 7 setelah proses *seeding* (pembiakan bakteri). Dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Efisiensi Penurunan Kadar Ammonia

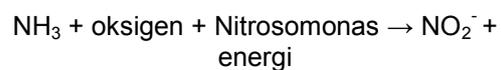
Penentuan kadar Nitrit

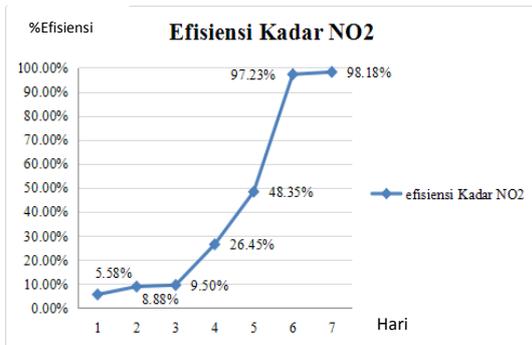
Penurunan kadar nitrit setelah proses biofiltrasi terjadi secara signifikan pada hari ke 6 yaitu sebesar 97,23% dibandingkan dengan kontrol (pengukuran sampel awal). Dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**. Nitrit merupakan senyawa beracun dimana penurunan kadar nitrit ini sudah mencapai kadar yang aman untuk lingkungan.



Gambar 6. Konsentrasi Nitrit

Penurunan kadar nitrit ini disebabkan karena adanya proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi dapat ditulis dengan reaksi berikut ini :

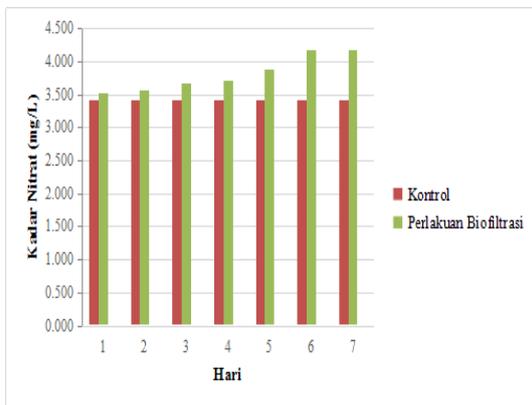




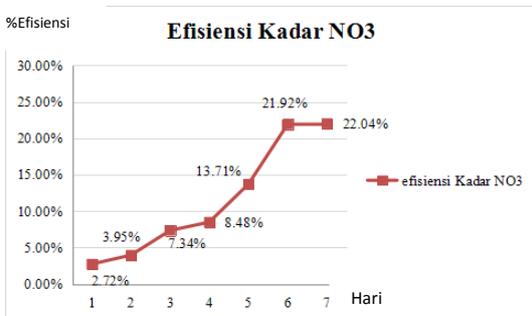
Gambar 7. Efisiensi Penurunan Kadar Nitrit

Penentuan kadar Nitrat

Kadar nitrat setelah proses biofiltrasi mengalami kenaikan tertinggi sebesar 21,92% dibandingkan kontrol (pengukuran sampel awal) pada hari ke 6. Dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Konsentrasi Nitrat



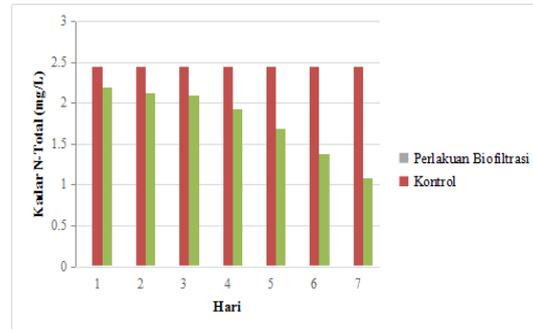
Gambar 9. Efisiensi Penurunan Kadar Nitrat

Keberadaan nitrat diperairan umumnya stabil. Kenaikan kandungan nitrat setelah melalui proses biofiltrasi dapat disebabkan karena kondisi biofilter aerobik, bukan anaerob. Sehingga pada saat terjadi nitrifikasi ammonia berubah menjadi nitrit kemudian menjadi nitrat yang akhirnya menambah konsentrasi nitrat.

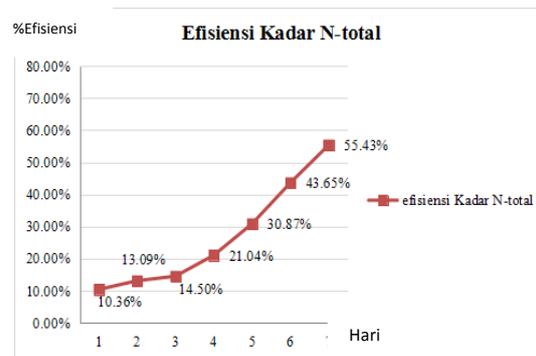
Penentuan kadar Nitrogen Total

Kandungan total nitrogen yang di analisa pada air limbah laboratorium ini merupakan nitrogen anorganik yang meliputi N-

ammonia, N-nitrat dan N-nitrit. Untuk perhitungan kandungan total nitrogen ini didasarkan pada perbandingan konsentrasi ammonia, nitrat dan nitrit terhadap massa molekul relatifnya masing-masing. Penurunan kadar N-total setelah proses biofiltrasi terjadi secara signifikan pada hari ke 6 yaitu sebesar 43,65% dibandingkan dengan kontrol (pengukuran sampel awal). Dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Konsentrasi Total Nitrogen



Gambar 11. Efisiensi penurunan kadar nitrogen total

Pembentukan Biofilm

Proses pembentukan biofilm setelah proses pembiakan bakteri yang dilakukan selama 3 hari tidak dapat terlihat secara jelas karena warna dan kekeruhan dari limbah yang digunakan cukup pekat. Namun setelah masa tinggal 7 hari, saat media diangkat dari reaktor, permukaan media sedikit berlendir dimana lapisan lendir tersebut sangat tipis berwarna bening.

Menurut teoritis biofilm terbentuk secara cepat dalam sistem yang mengalir dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur bagi bakteri. Sehingga sangat penting untuk menyuplai nutrisi bakteri salah satunya dengan memperhatikan kondisi oksigen yang cukup serta pH dan temperatur yang sesuai dengan kondisi bakteri. Bakteri *Nitrosomonas* optimum pada pH 6,0-9,0 dan suhu antara 20°C sampai 30°C. Sedangkan bakteri *Nitrobacter* akan tumbuh optimal pada suhu 28°C dan memiliki pH optimum

antara 7,3 dan 7,5 serta akan mati pada suhu diatas 49°C atau di bawah 0°C.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, teknik biofiltrasi menggunakan media sarang tawon efektif menurunkan kadar nitrogen total dalam air limbah karena dapat memenuhi baku mutu air limbah yang dipersyaratkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada staf laboratorium PT. Sucofindo Cabang Bandung yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 2012. Official methods of *Standard Methods for Examination of Water and Waste Water 22nd Edition*. APHA-Washington.
- Belser, L.W. 1979. *Populationecology of nitrifying bacteria. Annual reviews in Microbiology*. Vol **33** : 309–333.
- Day and Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif* Ed. 6. Jakarta: Erlangga.
- Gabriel, B. 1994. *Wastewater Microbiology*. New York: A John Wiley & Sons, INC.
- Gardy, C.P.L and Lim, H.C. 1980. *Biological Waste Water Treatment Theory&Application*. New York : Merzell Dekker, Inc.
- Hidlebaugh, J.A dan R.D. Miller. 1981. *Operational Problems With Rotating Biological Contractor*. dalam *Journal Water Pollution Control Fed* : 53.
- Horan, N.J. 1990. *Biological Wastewater Treatment systems:Theory and Operation*. University of Leeds, England. John Wiley & Sons Ltd.
- Khopkar, S. M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan Saptohardjo. UI Press : Jakarta.
- Koestoer, Y. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, Terjemahan dari *Chemistry and Ecotoxicology ofPollution* oleh D.W. Connel, UI Press : Jakarta.
- Linsley, R. K. 1991. *Teknik Sumber Daya Air Jilid II* : Diterjemahkan Oleh Djoko Sasongko : Penerbit Erlangga.
- Marsidi, R dan Herlambang, A. 2002. *Proses Nitrifikasi dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amonia Konsentrasi Tinggi*. dalam *Jurnal Teknologi*, Vol.3, No.3, September 2002 : 195-204.
- Metcalf and Eddy. 1978. *Waste Water Engineering*. Mc Graw Hill.
- Painter, H.A dan J.E. Loveless. 1981. *Effect of Temperature and pH Value On The Growth Rate Contants of Nitrifying Bacteria in the Activated Sludge Process*. (Water Research)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII tentang *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat*.
- Rachmawati. 2006. *Kajian Aplikasi Bakteri Nitrosomonas sp. Pada Teknik Biofilter Untuk Penghilangan Emisi Gas Amoniak*. Skripsi. IPB. Bogor.
- Said, N. I dan Ruliasih. 2005. *Tinjauan Aspek Teknis Pemilihan Media Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah*. dalam *Jurnal Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair*, Pusat Pengkajian dan penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT Vol.1, No.3.
- Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*, cetakan I. Medan: Fakultas MIPA UNIMED. Hal: 45,115.
- Standar Nasional Indonesia (SNI).Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- U.S. EPA. 1975. *Process Design Manual for Nitrogen Control*. Washington DC : Office of Technology Transfer.
- Verstraete, W and Alexander, M. 1972. *Heterotrophic nitrification by Arthrobacter sp*. 110: 955.