



STUDI PENURUNAN KONSENTRASI AMONIA DALAM LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN TEKNOLOGI BIOFILTER AEROBMEDIA TUBULAR PLASTIK PADA AWAL PENGOLAHAN

Muhamad Hibban^{*)}, Arya Rezagama^{**)}, Purwono^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

e-mail: hibbanmuhamad@gmail.com

Abstrak

Biofilter aerob merupakan teknologi pengolahan air limbah sederhana dengan pertumbuhan mikroorganisme terlekat pada media yang dapat digunakan untuk menyisihkan amonium dalam air limbah domestik. Penelitian ini merupakan penelitian awal karena proses pengolahan hanya dilakukan pada tahap awal pengoperasian dengan cara memasukan air limbah yang dialirkan secara kontinyu ke dalam reaktor yang berisi media tubular plastik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh variasi Hydraulic Retention Time (HRT) terhadap efisiensi penurunan konsentrasi amonium dalam air limbah domestik untuk HRT 12 jam sebesar 42,87% sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi amonium terbaik untuk HRT 24 jam sebesar 66,44%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa teknologi biofilter aerob media tubular plastik dapat bekerja cukup efektif dalam menyisihkan konsentrasi amonium dalam air limbah domestik pada tahap awal pengoperasian pengolahan dengan HRT optimum yang terpilih 24 jam.

Kata Kunci: Biofilter Aerob, Amonium, Air Limbah Domestik, Tubular

Abstract

[*Study of Ammonia Concentration Reduction in Domestic Wastewater Technology Biofilter Aerobic Tubular Plastic Media*]. Biofilter aerobic is technology wastewater treatment simple with growth microorganisms stuck in a media that can be used to set aside ammonium in domestic wastewater. The research is preliminary study because management process only done at an early stage of the operation of by entering wastewater flowed continuously to in the reactor that contains media tubular plastic. The result of this research showed that the influence of variation Hydraulic Retention Time (HRT) against the efficiency of ammonium a decrease in the concentration in domestic waterwaste to HRT 12 hour is 42,87 % while the efficiency of a decrease in the concentration of ammonium best for HRT 24 hour is 66,44 %. So it will be concluded that technology biofilter aerobic tubular media plastic can work effective enough in setting aside concentration ammonium in domestic waterwaste at an early stage with the operation of processing HRT steady chosen 24 hours.

Keywords: Aerobic Biofilter, Ammonium, Domestic Wastewater, Tubular

1. PENDAHULUAN

Dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu amonia untuk sungai kelas satu adalah sebesar 0,5 mg NH₃-N/liter. Menurut Effendi (2003) kadar amonia dalam perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg NH₃/liter. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam badan sungai mengindikasikan adanya pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh buangan air limbah domestik baik segar (tidak terolah) maupun telah terolah, 49% dari total pencemaran, (Halling-Sorensen & Jorgensen, 1993) dimana konsentrasinya berturut-turut berkisar antara 10 – 158 mg NH₃/liter (Said, 2008) dan 25 – 60 mg NH₄⁺-N/liter (Jantrania & Gross, 2006).

Menurut Widayat, Suprihatin & Herlambang (2010) pada konsentrasi 1 mg NH₃/liter, beberapa jenis ikan akan mati lemas karena amonia dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air. Untuk mengurangi konsentrasi amonia yang terkandung dalam buangan air limbah domestik baik segar maupun telah terolah, perlu adanya suatu pengolahan terlebih dahulu atau lebih lanjut sebelum dibuang ke perairan/badan air. Penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara pengolahan, yaitu dengan pengolahan secara fisik/kimiawi, biologis, ataupun gabungan keduanya (Sedlak, 1991).

Penurunan amonia dengan pengolahan secara kimiawi dilakukan dengan cara menambah senyawa kimia ke dalam air limbah. Senyawa kimia yang paling sering digunakan adalah senyawa khlor (kaporit) (Darmasetiawan, 2004). Seiring dengan konsumsi khlor yang tinggi, biaya operasi pun menjadi tinggi serta dapat menimbulkan masalah baru. Senyawa khlor bersifat sangat reaktif, mudah bereaksi, dengan senyawa lain dan membentuk senyawa-senyawa baru yang bersifat toksik dan dapat menimbulkan efek karsinogen bagi manusia (Hasan A., 2006). Mengetahui potensi efek samping negatif yang mungkin ditimbulkan dari pengolahan kimia sehingga fokus dalam penelitian ini adalah pengoptimalan pengolahan secara biologis.

Pengolahan secara biologis memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan potensi efek samping yang berbahaya bagi lingkungan dan biaya operasi pengolahan pun lebih murah dibandingkan dengan pengolahan secara kimia. Sedangkan kelemahan dari pengolahan secara biologis adalah memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil pengolahan yang stabil (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi, 2010) sehingga pada penelitian ini, pengoptimalan pengolahan secara biologis hanya dilakukan pada tahap awal pengoperasian pengolahan dengan menggunakan teknologi biofilter aerob dengan media lekat berbahan dasar plastik dan berbentuk tubular.

Biofilter aerob dengan media mikroorganisme (biomassa) tumbuh terlekat tubular plastik dipilih pada penelitian ini dikarenakan proses penyisihan amonia memerlukan oksigen (kondisi aerob) dalam

pengolahannya dan biofilter aerob ini umumnya digunakan untuk air limbah dengan kandungan bahan organik yang relatif rendah atau yang setara dengan kandungan polutan pada air limbah domestik, memiliki resiko ketekoran biomassa yang rendah, memiliki waktu tinggal biomassa yang lebih lama, tahan terhadap perubahan beban (Slamet & Masduqi, 2000), memiliki berat media yang ringan, memiliki resiko penyumbatan yang rendah, dan harga per unit luas permukaan media yang murah (Said, 2008).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan reaktor kontinyu, yaitu berupa tiga buah tangki penampung air limbah yang dipasang pipa secara paralel dan berisi satu buah pompa untuk menaikkan air ke bak ekualisasi yang dilengkapi pipa *overflow*, selang dan infus untuk mengatur debit yang mengalir masuk ke dua buah reaktor yang dilengkapi dengan pemanas dan aerator dimana salah satu reaktor diisi dengan media lekat untuk pertumbuhan mikroorganisme (biomassa) yang berbentuk tubular dari bahan plastik. Air limbah domestik yang menjadi bahan baku dalam penelitian ini adalah air *outlet* IPAL Komunal Pedalangan. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu tinggal (HRT) terhadap penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah domestik pada awal pengolahan dengan menggunakan teknologi biofilter aerob yang diisi dengan media tubular plastik.

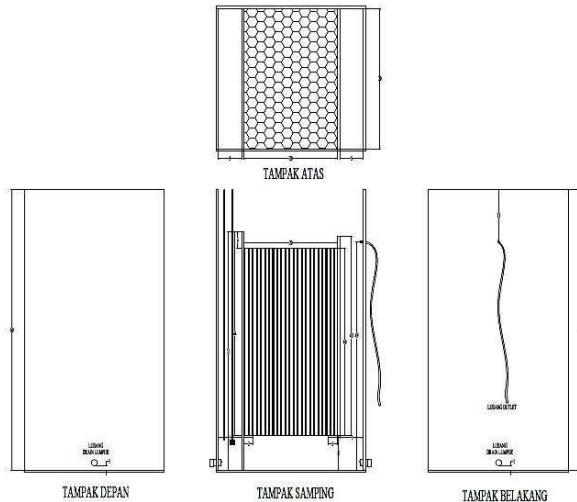
Di dalam penelitian ini terdapat 3 jenis variabel yang digunakan, yaitu:

1. Variabel Bebas
Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT), yaitu 12 jam dan 24 jam dengan waktu operasi masing-masing selama 4 hari.
2. Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah air limbah domestik yang mengandung amonia dan N-organik.
3. Variabel Kontrol
Variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - pH
Nilai pH operasi dijaga sekitar 6,0 – 8,5.
 - Temperatur
Temperatur operasi dijaga sekitar 28 – 32°C
 - Kelarutan Oksigen/*Dissolved Oxygen* (DO)
Nilai DO pada outlet reaktor dijaga > 1 mg/liter

Volume efektif reaktor mengadopsi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Marsidi & Herlambang (2002), yaitu sebesar 45 liter yang terdiri dari tiga volume *baffle*, yaitu:

- *Baffle* Aerasi = panjang x lebar x tinggi
= 5 cm x 30 cm x 51 cm
= 7.650 cm³ = 7,65 liter

- *Baffle* Biofilter = panjang x lebar x tinggi
 = 20 cm x 30 cm x 50 cm
 = 30.000 cm³ = 30 liter
- *Baffle* Pengendapan = panjang x lebar x tinggi
 = 5 cm x 30 cm x 49 cm
 = 7.350 cm³ = 7,35 liter

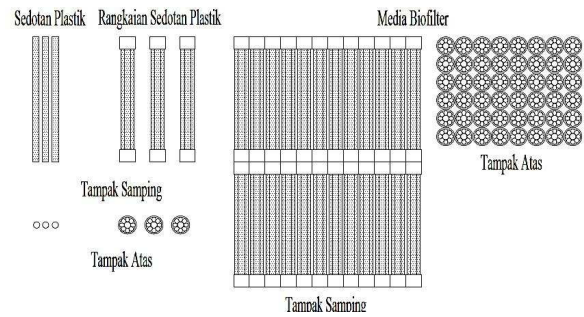


Gambar 1. Rancangan Reaktor

Media biofilter yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk tubular, terbuat dari bahan plastik, dan memiliki ketinggian total 40 cm. Media biofilter merupakan sebuah rangkaian yang tersusun dari sembilan buah sedotan plastik dengan total rangkaian sebanyak 90 buah. Satu buah sedotan plastik memiliki tinggi 20 cm dan diameter 1 cm. Setiap sedotan plastik dilubangi acak (*random*) dengan jarum di seluruh permukaannya. Luas permukaan spesifik media yang terukur merupakan hasil pendekatan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan media} &= 2 \times \pi \times \text{diameter media} \times \text{tinggi media} \\ &= 2 \times 3,14 \times 2,5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm (per rangkaian)} \\ &= 314 \text{ cm}^2 \text{ (per rangkaian)} \\ &= 2 \times 3,14 \times 1 \text{ cm} \times 20 \text{ cm (per sedotan)} \\ &= 125,6 \text{ cm}^2 \text{ (per sedotan)} \\ \text{Volume media} &= \pi \times \text{diameter kuadrat media} \times \text{tinggi media} \\ &= 3,14 \times (2,5 \text{ cm})^2 \times 20 \text{ cm (per rangkaian)} \\ &= 392,5 \text{ cm}^3 \text{ (per rangkaian)} \\ &= 3,14 \times (1 \text{ cm})^2 \times 20 \text{ cm (per sedotan)} \\ &= 62,8 \text{ cm}^3 \text{ (per sedotan)} \\ \text{Luas permukaan spesifik media} &= \text{luas permukaan} : \text{volume} \\ &= 314 \text{ cm}^2 : 392,5 \text{ cm}^3 \text{ (per rangkaian)} \\ &= 0,8 \text{ cm}^2/\text{cm}^3 \text{ (per rangkaian)} \\ &= 80 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ (per rangkaian)} \\ &= 125,6 \text{ cm}^2 : 62,8 \text{ cm}^3 \text{ (per sedotan)} \\ &= 20 \text{ cm}^2/\text{cm}^3 \text{ (per sedotan)} \\ &= 200 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ (per sedotan)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, luas permukaan spesifik media tubular plastik pada penelitian ini sebesar 80 – 200 m²/m³.



Gambar 2. Rancangan Reaktor

Pengujian sampel selama penelitian ini berlangsung menggunakan metode sebagaimana dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Metode Pengujian Sampel

Parameter	Metode	Alat	Referensi
pH	Potensiometri	pH meter	-
Temperatur	Skala termometer	Termometer Alkohol	-
DO	Elektrokimia	DO meter	Buku Manual Alat
COD	Colorimetric	Spektrofotometer	SNI 06-6989.9-2004
Amonia (NH ₃ - N)	Colorimetric	Spektrofotometer	NPDES Method #350.2
N-Organik	Macro Kjeldahl & Colorimetric	Alat Kjeldahl & Spektrofotometer	SNI 06-6989.52-2005 & NPDES Method #350.2

Perhitungan Absorbansi Amonia Sampel:

$$\text{Abs NH}_3\text{-N} = (\text{Abs NH}_3\text{-N}_{\text{akuades}}) - (\text{Abs Blanko}_{\text{akuades}})$$

dimana :

- Abs NH₃-N = absorbansi amonia sampel (abs)
- Abs NH₃-N_{akuades} = absorbansi amonia yang di spektro terhadap Akuades (abs)
- Abs Blanko_{akuades} = absorbansi blanko yang di spektro terhadap Akuades (abs)

Perhitungan Konversi TAN menjadi Amonia sebagai Nitrogen:

$$\text{NH}_3\text{-N} = \frac{\text{TAN} \times 10^{\text{pH}}}{e^{\left(\frac{634.4}{2.7 - \text{pH}}\right)} + 10^{\text{pH}}}$$

Sumber: (Anthonisen, Loehr, Prakasam, & Srinath, 1976)

dimana :

- NH₃-N = konsentrasi amonia sebagai nitrogen (mg NH₃-N/liter)
- TAN = konsentrasi TAN (mg NH₃-N/liter)
- pH = nilai pH
- °C = nilai temperatur

Perhitungan Amonium sebagai Nitrogen:

$$\text{NH}_4^+\text{-N} = \text{TAN} - \text{NH}_3\text{-N}$$

dimana :

- NH₄⁺-N = konsentrasi amonium sebagai nitrogen (mg NH₄⁺-N/liter)
- TAN = konsentrasi TAN (mg NH₃-N/liter)
- NH₃-N = konsentrasi amonia sebagai nitrogen (mg NH₃-N/liter)

Perhitungan Konversi Amonium sebagai Nitrogen menjadi Amonium:

$$\text{NH}_4^+ = \text{NH}_4^+\text{-N} \times \text{fk}$$

dimana :

- NH₄⁺ = konsentrasi amonium (mg NH₄⁺/liter)
- NH₄⁺-N = konsentrasi amonium sebagai nitrogen (mg NH₄⁺-N/liter)
- fk = faktor konversi

fk dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Faktor Konversi NHx

	mg/l NH ₃ -N	mg/l NH ₃	mg/l NH ₄ ⁺
1 mg/l NH ₃ -N	1	1,216	1,288
1 mg/l NH ₃	0,823	1	1,059
1 mg/l NH ₄ ⁺	0,777	0,944	1

Sumber: (Nollet, 2000)

Perhitungan Efisiensi Penurunan Konsentrasi

$$\text{Efisiensi Penurunan} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \%$$

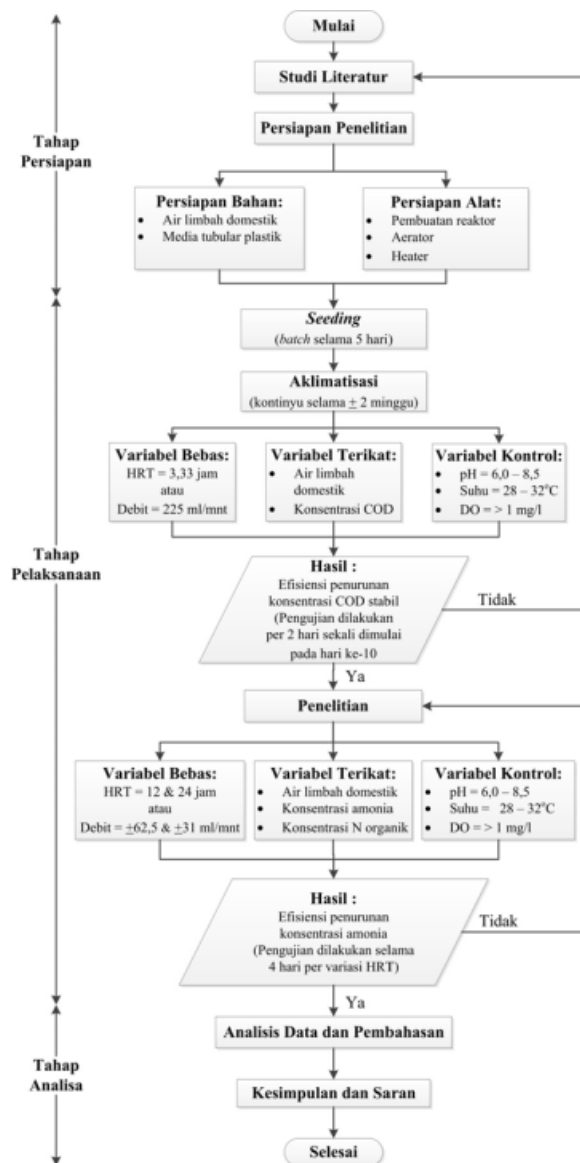
dimana :

Efisiensi Penurunan = efisiensi penurunan konsentrasi (%)

C_{in} = konsentrasi sampel inlet (mg/liter)

C_{out} = konsentrasi sampel outlet (mg/liter)

Tahap dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

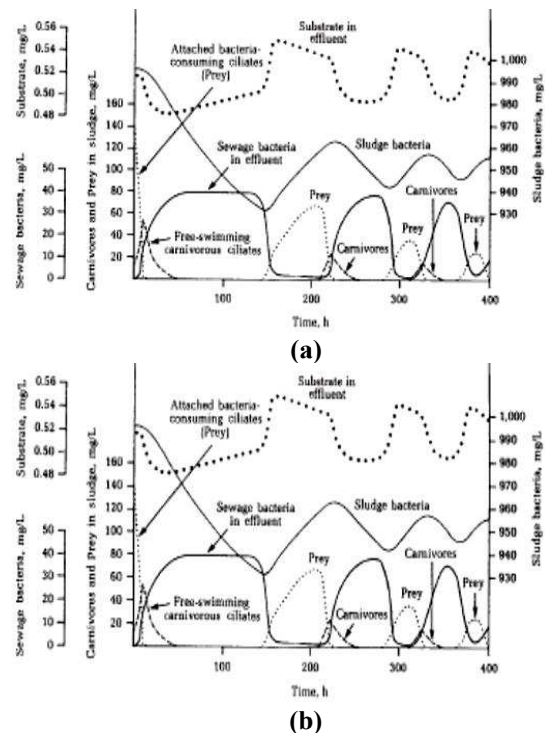
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Seeding dan Aklamatisasi

Awal pengoperasian reaktor terdiri dari dua kegiatan, yaitu *seeding* dan aklamatisasi yang dilakukan secara terpisah.

3.1.1 Seeding

Seeding dilakukan dengan cara memasukkan air umpan berupa campuran kotoran sapi dan air limbah domestik ke dalam reaktor secara kontinu hingga ketinggian air di atas media lekat + 1 cm kemudian setelah itu dibiarkan (*batch*) selama lima hari sambil dihembuskan udara menggunakan aerator dengan debit 11,8 liter/menit.



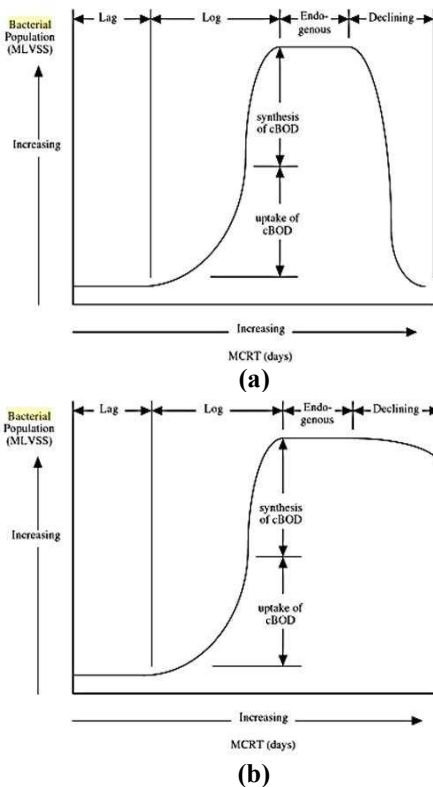
Gambar 4. Dinamika Populasi Bakteri dalam (a) Kultur Batch (b) Kultur Kontinyu
 Sumber: Davis, 2010

Seeding dilakukan secara *batch* selama lima hari dikarenakan menurut Davis (2010) dalam bukunya yang dapat dilihat pada gambar 4 di atas bahwa dinamika populasi bakteri pada tahap fase stasioner bakteri dalam air limbah secara *batch* berlangsung lebih kurang selama 150 jam atau 6,25 hari dari awal dilakukannya *seeding*. Selain itu dari gambar 4 di atas juga dapat diketahui bahwa keuntungan *seeding* yang dilakukan secara *batch* dibandingkan dengan *seeding* secara kontinu adalah memungkinkan lebih baik dalam mendapatkan fase stasioner bakteri pada awal pengoperasian.

3.1.2 Aklamatisasi

Aklamatisasi dilakukan dengan cara air limbah domestik yang akan diolah dari tangki penampung air limbah dipompakan menuju ekualisasi kemudian dialirkan kontinu menuju reaktor secara gravitasi dengan selang akuarium yang dilengkapi dengan infus yang berfungsi untuk mengatur debit masuk sebesar

225 ml/menit dimana debit sebesar itu menurut Yong-you & Li-li (2005) dalam jurnal mereka, merupakan debit yang optimal untuk pertumbuhan akumulasi biomassa yang tinggi pada media lekat. Air limbah yang masuk ke dalam reaktor sambil diinjeksikan udara menggunakan aerator selama \pm dua minggu atau hingga efisiensi penurunan zat organik stabil (3 – 5 kali penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan perbedaan \pm 10%).

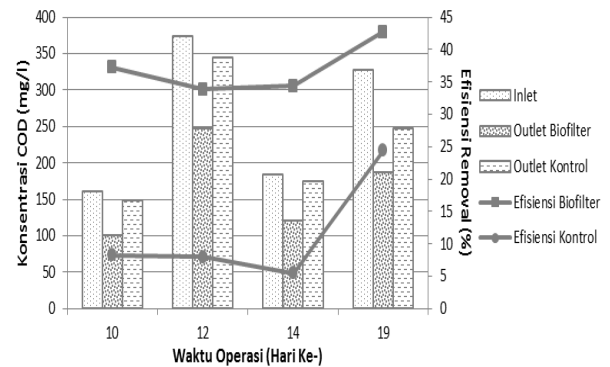


Gambar 5. Kurva Pertumbuhan Bakteri dengan (a) Kultur Batch (b) Kultur Kontinyu
 Sumber: Gerardi, 2006

Pada awal aklimatisasi berjalan dilakukan pengamatan secara fisik pertumbuhan biofilm pada media lekat. Pengamatan fisik dihari-hari awal proses aklimatisasi berjalan dilakukan dikarenakan selain menghemat biaya uji laboratorium dan memaksimalkan waktu peneliti untuk mengambil air limbah, adalah efisiensi penurunan konsentrasi COD pada air limbah secara teori menurut Gerardi (2006) dalam bukunya yang dapat dilihat pada gambar 5 di atas masih sangat rendah karena pertumbuhan bakteri dalam pembentukan biofilm belum signifikan. Hal ini juga dilakukan oleh Widayat, Suprihatin, & Herlambang (2010) pada penelitian sebelumnya dengan waktu pengamatan secara fisik selama 7 hari.

Pada hari ke-4 aklimatisasi berjalan, mulai terlihat pembentukan biofilm dan pada hari ke-9 pembentukan biofilm sudah semakin banyak, menebal, dan menyebar ke berbagai bagian media sehingga pada hari ke-10 aklimatisasi berjalan, mulai dilakukan pengujian sampel, yaitu sampel inlet reaktor yang berasal dari bak ekualisasi dan selang waktu 3,34 jam sampel outlet reaktor biofilter dan kontrol.

Hasil pengujian sampel saat aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 6. Grafik Fluktuasi Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan COD

Berdasarkan hasil tersebut, pada hari ke-14, efisiensi penurunan konsentrasi COD (terukur sebagai COD total) dalam air limbah dianggap sudah stabil (*steady state*) walaupun diindikasikan telah terjadi perpendekan HRT. Hal ini dikarenakan telah dihasilkannya tiga kali efisiensi penurunan dengan perbedaan tidak lebih besar dari 10% sehingga dapat dilanjutkan pada penelitian. Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu pada hari ke-15 dilakukan proses *maintenance*, yaitu pencucian media biofilter dengan air limbah yang disemprotkan secukupnya dari atas media, pembersihan batu aerator gelembung kasar (*coarse bubble air stone*) secara manual, dan juga dilakukan penyedotan lumpur yang terendap di dasar reaktor dengan menggunakan selang. Selama *maintenance* berlangsung, pengoperasian reaktor tetap dilakukan.

Pada hari ke-19 dilakukan kembali pengujian sampel dengan tujuan untuk mengetahui apakah kemampuan efisiensi penurunan konsentrasi COD meningkat. Dari hasil pengujian pada hari ke-19, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4, diketahui bahwa kemampuan efisiensi penurunan konsentrasi COD mengalami peningkatan baik pada reaktor biofilter maupun pada reaktor kontrol. Pengujian sampel dilakukan tiga hari setelah proses *maintenance* didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Yong-you & Li-li (2005) dimana setelah dilakukan *maintenance* kemampuan efisiensi penurunan akan menurun dan kemudian naik kembali setelah hari ketiga atau tepatnya pada hari ke-4.

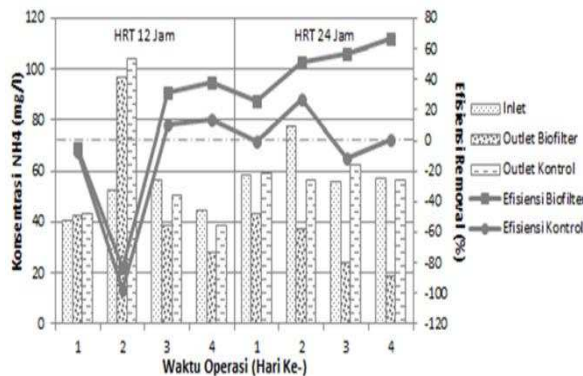
Penurunan kemudian diikuti dengan peningkatan kemampuan efisiensi tersebut menurut Yong-you & Li-li (2005) disebabkan karena sejumlah biomassa yang terdapat pada reaktor akan hilang ikut tersapu akibat proses *maintenance* yang dilakukan sehingga kemampuan efisiensi pun menjadi turun dan kemudian kemampuan efisiensi akan kembali naik bahkan lebih tinggi dari sebelumnya. Kenaikan efisiensi ini sangat mungkin disebabkan karena kembali tumbuhnya biomassa yang jumlahnya lebih banyak/bertambah dari sebelumnya sehingga efisiensi penurunannya pun ikut meningkat

3.2. Penelitian

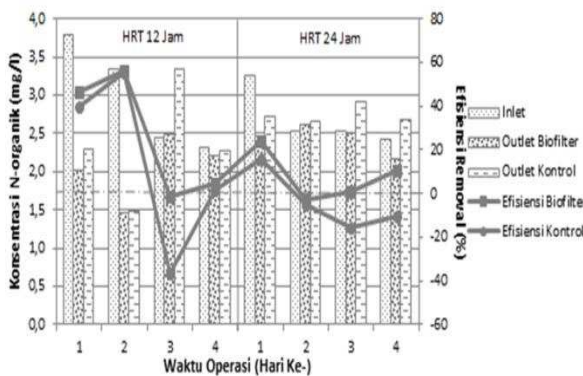
Penelitian dilakukan dengan perlakuan terhadap dua variasi variabel bebas, yaitu variasi HRT. Berdasarkan kriteria desain biofilter menurut Said (2008) dalam bukunya, HRT desain biofilter aerob adalah 6 – 8 jam. Penambahan HRT diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja biofilter sehingga efisiensi penurunan konsentrasi amonia semakin lebih baik. Menurut Marsidi & Herlambang (2002) dalam jurnal mereka, HRT yang optimal untuk menurunkan amonia dengan kadar yang tinggi dalam air limbah adalah 24 jam. Berdasarkan informasi tersebut, dipilihlah variasi HRT pada penelitian ini, yaitu 12 jam dan 24 jam.

Penelitian dilakukan dengan cara air limbah domestik yang akan diolah dipompa dari tangki penampung air limbah menuju ekualisasi kemudian dari ekualisasi air limbah dialirkan menuju reaktor secara kontinu secara gravitasi dengan selang akuarium yang dilengkapi dengan infus yang berfungsi untuk mengatur debit masuk sebesar $\pm 62,5$ ml/menit untuk HRT 12 jam dan ± 31 ml/menit untuk HRT 24 jam. Air limbah dari ekualisasi dialirkan ke dalam reaktor sambil diinjeksikan udara menggunakan aerator dengan debit 21,8 liter/menit selama penelitian berlangsung.

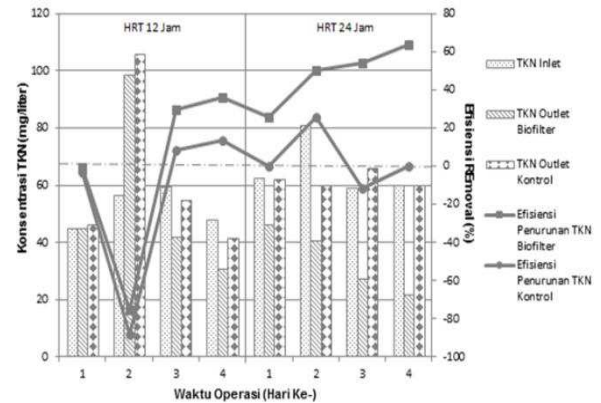
Hasil pengujian saat penelitian dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah berikut.



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan Amonium



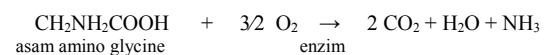
Gambar 8. Grafik Fluktuasi Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan N-organik



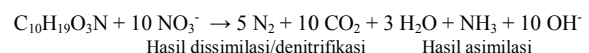
Gambar 9. Grafik Fluktuasi Konsentrasi dan Efisiensi Penurunan TKN

Amonia, N-organik, dan *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN) yang terukur pada penelitian ini adalah amonia sebagai nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) terlarut, N-organik terlarut dan TKN terlarut. Nilai hasil amonia sebagai nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) terlarut yang didapatkan kemudian dikonversi menjadi amonium (NH_4^+). Pengonversian amonia menjadi amonium didasarkan pada penggunaan bentuk nitrogen oleh bakteri, yaitu amonium (Gerardi, 2006).

Dari gambar 5 – gambar 7 diketahui bahwa pada hari pertama penelitian untuk HRT 12 jam, efisiensi penurunan TKN menghasilkan nilai minus di outlet kontrol. Hasil minus pada efisiensi penurunan TKN di outlet kontrol diindikasikan telah terjadi proses asimilasi nitrat–nitrit sehingga menambah konsentrasi amonia dimana konsentrasi amonia baik pada outlet biofilter maupun outlet kontrol juga sama-sama mengalami peningkatan akibat penurunan konsentrasi N-organik (amonifikasi). Secara sederhana proses amonifikasi ini menurut Dojlido & Best (1993) dalam buku mereka, dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut.

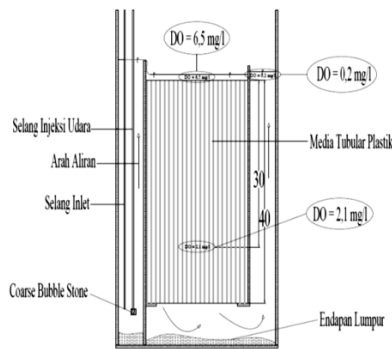


Kegagalan peneliti dalam menjaga nilai DO, seperti yang dapat dilihat pada gambar 10, diindikasikan sebagai salah satu penyebab terjadinya proses asimilasi nitrat–nitrit yang signifikan dimana menurut Davis (2010) dalam bukunya mengatakan bahwa proses ini dapat berlangsung simultan dengan proses denitrifikasi ketika perairan memiliki konsentrasi DO sebesar 0,2 – 0,5 mg/liter (Gerardi, 2006). Secara sederhana proses asimilasi tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi (Davis, 2010) sebagai berikut.



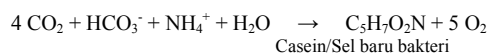
Seiring dengan menebalnya lapisan biofilm yang terbentuk menurut Marsidi & Herlambang (2002) dalam jurnalnya mengatakan bahwa lapisan biofilm ini akan terbagi menjadi dua zona, yaitu zona aerob dan zona anaerob (*anoxic*). Pada zona anaerob dan didukung kegagalan peneliti dalam menjaga nilai DO, sangat memungkinkan terjadi proses denitrifikasi dan

asimilasi nitrat yang berlangsung secara simultan. Brezonik (1977) mengatakan bahwa 37% reduksi nitrat di perairan disebabkan oleh proses asimilasi sedangkan 63% disebabkan karena proses denitrifikasi. Peningkatan konsentrasi amonia dari proses asimilasi nitrat-nitrit berdampak pada penurunan konsentrasi nitrat maupun nitrit, namun sangat disayangkan pada penelitian ini tidak dilakukan pengujian nitrat dan nitrit sehingga hal tersebut tidak dapat dibuktikan secara pasti.

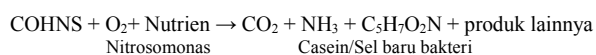


Gambar 10. Perubahan Nilai DO pada Reaktor Biofilter

Pada hari kedua terjadi peningkatan konsentrasi amonia yang tinggi dimana hal tersebut dikarenakan terjadi penambahan konsentrasi amonium dibuktikan dengan adanya penurunan konsentrasi N-organik yang juga cukup tinggi dan mungkin juga telah terjadi penambahan amonia dari proses asimilasi nitrat-nitrit sehingga efisiensi penurunan TKN kembali menghasilkan hasil minus. Pada hari ke-3 terjadi peningkatan efisiensi penurunan TKN baik pada *outlet* biofilter maupun *outlet* kontrol dimana konsentrasi amonia mengalami penurunan sedangkan konsentrasi N-organik mengalami peningkatan. Adanya peningkatan konsentrasi N-organik mengindikasikan sedikit banyak penurunan amonia tidak hanya disebabkan karena proses nitritasi tetapi juga karena proses asimilasi amonium. Secara sederhana proses asimilasi amonium tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi (Davis, 2010) sebagai berikut.



Pada hari ke-4 kembali terjadi peningkatan efisiensi penurunan TKN baik di *outlet* biofilter maupun di *outlet* kontrol dimana konsentrasi N-organik dan konsentrasi amonia pun mengalami penurunan. Adanya penurunan konsentrasi amonia juga mengindikasikan bahwa bakteri nitritasi (Nitrosomonas) sudah sedikit banyak memainkan peran dalam proses oksidasi amonia menjadi nitrit. Secara sederhana proses nitritasi dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi (Davis, 2010) sebagai berikut.



Pada hari pertama penelitian untuk HRT 24 jam, terjadi peningkatan konsentrasi amonia dan penurunan N-organik di *outlet* kontrol sedangkan di

outlet biofilter terjadi penurunan konsentrasi baik amonia maupun N-organik. Walaupun terjadi peningkatan konsentrasi amonia, efisiensi penurunan konsentrasi TKN di *outlet* kontrol tetap menghasilkan nilai positif. Pada hari ke-2 terjadi peningkatan efisiensi penurunan TKN baik di *outlet* biofilter maupun di *outlet* kontrol dimana konsentrasi amonia mengalami penurunan sedangkan konsentrasi N-organik sedikit mengalami peningkatan.

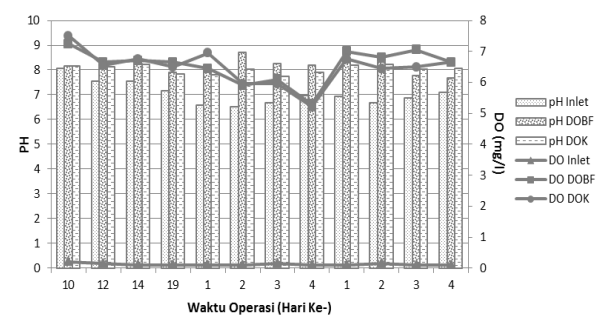
Pada hari ke-3 terjadi peningkatan efisiensi penurunan TKN di *outlet* biofilter dimana konsentrasi amonia maupun konsentrasi N-organik mengalami penurunan. Sedangkan di *outlet* kontrol, efisiensi penurunan TKN menghasilkan nilai minus dimana baik konsentrasi amonia maupun konsentrasi N-organik mengalami peningkatan cukup tinggi. Peningkatan konsentrasi N-organik dan amonia yang cukup tinggi mungkin disebabkan asimilasi nitrat-nitrit. Painter (1977) mengatakan bahwa asimilasi nitrat-nitrit terjadi karena lumpur dan air limbah mengandung nitrat dengan konsentrasi yang cukup tinggi.

Pada hari ke-4 kembali terjadi peningkatan efisiensi penurunan TKN di *outlet* biofilter dimana konsentrasi amonia maupun konsentrasi N-organik mengalami penurunan. Sedangkan di *outlet* kontrol, tidak terdapat efisiensi penurunan TKN dimana konsentrasi amonia mengalami penurunan dan konsentrasi N-organik mengalami peningkatan.

Berdasarkan ulasan diatas dapat diketahui bahwa seiring dengan peningkatan konsentrasi nitrit dan terutama peningkatan konsentrasi nitrat, diikuti dengan peningkatan efisiensi penurunan TKN dimana penurunan TKN ini lebih banyak dari penurunan konsentrasi amonia dan sebaliknya, seiring dengan penurunan konsentrasi nitrit maupun konsentrasi nitrat, efisiensi penurunan TKN akan mengalami penurunan.

3.3. Pengaruh DO Terhadap pH

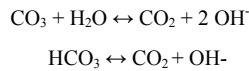
Selama penelitian berlangsung terjadi peningkatan nilai pH pada ruang aerasi di reaktor biofilter (DOBF) maupun pada ruang aerasi di reaktor kontrol (DOK) sebagaimana yang dapat terlihat pada berikut.



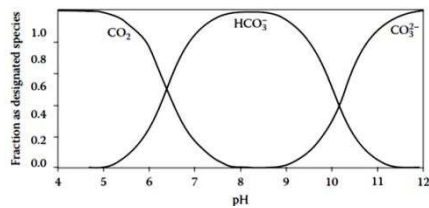
Gambar 11. Grafik Fluktuasi pH dan DO pada Inlet, DOBF, dan DOK

Menurut Dojlido & Best (1993) dalam buku mereka dikatakan bahwa aerasi dapat menyebabkan peningkatan maupun penurunan nilai pH. Peningkatan

nilai pH ini disebabkan karena hilangnya karbon dioksida (CO₂) dalam air akibat terdesak oleh udara (aerasi) sehingga mengganggu reaksi kesetimbangan karbonat. Berikut reaksi kesetimbangan karbonat seperti yang dapat dilihat dalam persamaan di bawah ini.



Dari persamaan atas dapat diketahui apabila konsentrasi CO₂ menurun kesetimbangan reaksi bergeser ke kiri sehingga menyebabkan peningkatan nilai pH (basa) seperti yang dapat dilihat pada gambar 12 berikut.

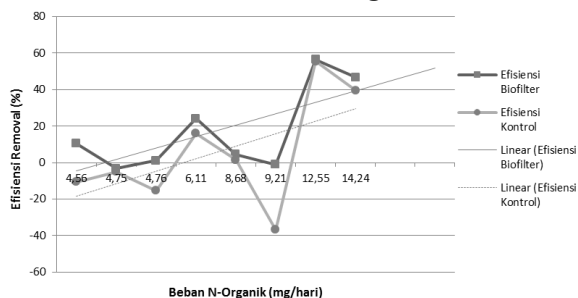


Gambar 12. Diagram Distribusi CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻ Dalam Perairan

Dari gambar 12 diketahui bahwa konsentrasi CO₂ dalam perairan akan mempengaruhi pH perairan menjadi sedikit asam hingga asam. Hal serupa juga dikatakan oleh Effendi (2003) dalam bukunya bahwa semakin rendah konsentrasi CO₂ dalam perairan maka nilai pH perairan tersebut akan semakin tinggi.

Slamet & Masduqi (2000) mengatakan bahwa laju oksigen dan difusi nutrient akan naik seiring dengan kenaikan temperatur namun juga memberikan efek yang berlawanan terhadap nilai DO dimana DO berperan dalam proses dekomposisi bahan organik. Effendi (2003) dalam bukunya mengatakan bahwa dekomposisi bahan organik dalam air limbah secara aerob memerlukan DO dalam prosesnya dimana salah satu produknya adalah CO₂ sehingga semakin banyak DO yang digunakan untuk proses dekomposisi, maka semakin banyak CO₂ di produksi dan dapat menurunkan nilai pH kembali yang sebelumnya telah naik akibat dari proses aerasi.

3.4. Pengaruh Beban N-Organik Terhadap Efisiensi Penurunan N-Organik

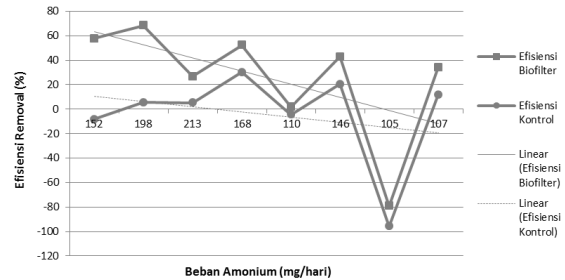


Gambar 13. Grafik Trend Peningkatan Beban Terhadap Efisiensi Penurunan N-Organik

Dari gambar 13 dapat diketahui bahwa beban N-organik memiliki hubungan linier yang cukup kuat dengan efisiensi penurunan N-organik dimana

semakin tinggi beban pengolahan maka semakin tinggi pula efisiensi penurunan konsentrasi N-organik. Selain itu dapat diketahui pula baik pada reaktor biofilter maupun reaktor kontrol dimana keduanya merupakan pengolahan 1-stage, bahwa pengolahan pada penelitian ini tidak efektif dalam penurunan konsentrasi N-organik. Halling Sorensen & Jorgensen (1993) dalam bukunya juga mengatakan bahwa penurunan konsentrasi N-organik pada pengolahan 1-stage sangatlah terbatas.

3.5. Pengaruh Beban Amonium Terhadap Efisiensi Penurunan Amonium



Gambar 14. Grafik Trend Peningkatan Beban Terhadap Efisiensi Penurunan Amonium

Dari gambar 4.14 di atas dapat diketahui bahwa semakin meningkat beban amonium maka efisiensi penurunan amonium semakin turun. Hubungan yang terbentuk antara beban dengan efisiensi penuruna disebabkan terkait produk dari hasil proses amonifikasi dan asimilasi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya N-organik dapat berubah bentuk menjadi amonium dan nitrat-nitrit yang berubah bentuk menjadi amonium sehingga semakin banyak N-organik dan nitrat-nitrit berubah bentuk menjadi amonium maka semakin menambah tinggi beban amonium dan hal ini menyebabkan efisiensi penurunan amonium semakin turun. Namun demikian selama penelitian berlangsung, efisiensi penurunan amonium pada reaktor biofilter dapat mencapai 68,44% sedangkan pada reaktor kontrol efisiensi penurunan amonium hanya dapat mencapai 30,25%. Hal ini mengindikasikan bahwa media lekat tubular plastik secara tidak langsung memberi pengaruh yang positif terhadap penurunan konsentrasi amonium dimana media lekat tubular plastik ini memberikan tempat pertumbuhan bagi bakteri penyisih amonium.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Efisiensi penurunan konsentrasi amonium yang terbaik berdasarkan variasi HRT 12 dan 24 jam dalam penelitian ini untuk reaktor biofilter adalah 42,87% dan 68,44% sedangkan untuk reaktor kontrol adalah sebesar 20,43% dan 30,25%
2. HRT 24 jam dipilih sebagai HRT yang optimum karena menghasilkan efisiensi penurunan konsentrasi amonium yang tertinggi.

5. SARAN

Saran yang dapat diberikan penulis setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan waktu operasi yang lebih lama untuk dapat melihat efisiensi penurunan konsentrasi amonium menjadi stabil.
2. Diperlukan pengujian nitrit dan nitrat untuk mengetahui proses denitrifikasi serta proses asimilasi nitrat-nitrit yang terjadi.
3. Diperlukan desain ruang lumpur pada reaktor apabila saat pengoperasian tidak dilakukan atau meminimalisir proses backwashing.
4. Lubang *outlet* reaktor sedapat mungkin mempunyai ukuran yang cukup besar untuk menghindari penyumbatan padatan.
5. Menggunakan batu aerator yang menghasilkan gelembung kecil/halus untuk dapat meningkatkan nilai DO saat pengoperasian.
6. Diperlukan pengolahan selanjutnya atau pengolahan *2-stage* untuk menghasilkan efisiensi penurunan konsentrasi yang maksimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Brezonik, L. P. 1977. *Denitrification in Natural Waters*. Nitrogen As a Water Pollutant, 373-392. Great Britain: Pergamon Press.
- Darmasetiawan, M. 2004. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Davis, M. L. 2010. *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. _____: McGraw-Hill.
- Dojlido, J. R., & Best, G. A. 1993. *Chemistry of Water and Water Pollution*. United Kingdom: Ellis Horwood Limited.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gerardi, M. H. (2006). *Wastewater Bacteria*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Halling-Sorensen, B., & Jorgensen, S. E. 1993. *Studies in Environmental Science 54 : The Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Hasan, A. 2006. *Dampak Penggunaan Klorin*. Jurnal Teknologi Lingkungan, 90-96.
- Jantrania, A. R., & Gross, M. A. 2006. *Advanced Onsite Wastewater Systems Technologies*. United State of America: CRC Press.
- Marsidi, R., & Herlambang, A. 2002. *Proses Nitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi*. Jurnal Teknologi Lingkungan, III, 195-204.
- Nollet, L. M. 2000. *Handbook of Water Analysis*. United States of America: Marcel Dekker.
- Painter, H. A. 1977. *Microbial Transformations of Inorganic Nitrogen*. Nitrogen As a Water Pollutant, 3-29. Great Britain: Pergamon Press.
- Said, N. I. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta : Tinjauan Permasalahan, Strategi, dan Teknologi Pengolahan*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Sedlak, R. 1991. *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice (2nd ed.)*. Boca Raton: Lewis.
- Slamet, A., & Masduqi, A. 2000. *Satuan Proses*. Surabaya: _____.
- Tim Teknis Pembangunan Sanitasi. 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum
- Widayat, W., Suprihatin, & Herlambang, A. 2010. *Penyisihan Amoniak Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged Dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon*. Jurnal Air Indonesia, VI, 64-76.
- Yong-you, H., & Li-li, W. 2005. *Effect of Media Height on the Performance of Biological Aerated Filter*. Journal of Environmental Sciences, 281-284.