

PROSES NITRIFIKASI DENGAN SISTEM BIOFILTER UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH YANG MENGANDUNG AMONIAK KONSENTRASI TINGGI

Oleh : Ruliasih Marsidi dan Arie Herlambang

Abstrak

Limbah cair yang mengandung amoniak pada masa industrialisasi saat ini semakin banyak jumlahnya, karena semakin berkembangnya pabrik-pabrik yang memproduksi produk yang mengandung unsur nitrogen. Berdasarkan hal ini telah dilakukan penelitian dalam upaya untuk memperoleh suatu sistem pengolahan yang cukup sederhana yang dapat diterapkan di industri-industri kecil. Penelitian dilaksanakan dengan melakukan pengolahan limbah yang mengandung amoniak konsentrasi tinggi dengan menerapkan sistem nitrifikasi biologis yang menggunakan reaktor biofilter tercelup. Dari hasil Penelitian diharapkan dapat diperoleh karakteristik proses nitrifikasi yang selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alat pengolahan limbah amoniak. Penelitian ini merupakan penelitian awal, karena hanya melakukan proses nitrifikasi yaitu suatu proses penurunan/penghilangan zat amoniak, yang kemudian hasil dari proses ini masih menghasilkan zat polutan nitrit dan nitrat, karena proses nitrifikasi adalah proses perubahan zat amoniak menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena itu penelitian ini disebut tahap awal karena untuk menghasilkan hasil olahan yang memenuhi standar baku air limbah, perlu dilakukan proses selanjutnya untuk menghilangkan nitrit dan nitrat yaitu melalui proses denitrifikasi. Hasil percobaan proses nitrifikasi yang telah dilakukan menghasilkan penurunan rata-rata amoniak sebesar 97,98 %, dengan volume reaktor (15x20x150)cm atau 45 liter, kapasitas maximum 4,8 l /jam dan waktu tinggal 24 jam.

Katakunci : Amoniak, Nitrit, Nitrat, Biofilter tercelup

1. PENDAHULUAN

Senyawa amoniak, dapat ditemukan dimana-mana, dari kadar beberapa mg/l pada air permukaan dan air tanah hingga mencapai 30 mg/l lebih pada air buangan. Amoniak dengan konsentrasi beberapa mg/l saja apabila terkandung pada sistem perairan dapat merupakan racun bagi kehidupan air, terutama bagi kehidupan ikan karena adanya amoniak dapat mengurangi kandungan oksigen dalam air

Adanya kandungan amoniak yang tinggi pada air sungai menunjukkan telah terjadi pencemaran pada sungai tersebut. Pada air sungai kadar amoniak harus dibawah 1 mg/l (syarat mutu air sungai di Indonesia). Sementara itu pada air minum kadar NH_3 harus nol, disamping berbahaya, adanya amoniak menimbulkan rasa kurang enak.

Amoniak berasal dari nitrogen organik yang diuraikan oleh organisme heterotrop, yaitu organisme yang membutuhkan nutrientnya dalam bentuk senyawa organik dan memperoleh energi dengan cara mengoksidasi senyawa organik tersebut.

Nitrogen organik berasal dari beberapa sumber antara lain limbah domestik yang termasuk didalamnya sampah, kotoran manusia dan binatang, kemudian berasal dari limbah industri dan dapat pula berasal dari air alam yang terpapar oleh sisa-sisa tumbuhan.

Limbah industri merupakan sumber terbesar yang mengalirkan nitrogen organik ke dalam sistem perairan, industri yang banyak mengeluarkan buangan nitrogen adalah jenis-jenis industri kimia yang memproduksi senyawa nitrogen atau menggunakan bahan baku senyawa nitrogen atau unsur-unsur biologis seperti binatang dan bahan makanan.

Sesungguhnya zat amoniak dan senyawa nitrogen adalah zat kimia yang penting sebagai bahan baku bagi beberapa jenis industri. Asam nitrat merupakan senyawa utama untuk nitrasi beberapa material, seperti cotton linters menjadi nitrocellulose, toluen menjadi TNT kemudian glycerine menjadi nitroglycerine dan dinamit. Industri pupuk disamping memproduksi urea, biasanya memproduksi pula beberapa senyawa nitrogen seperti amoniak, asam nitric, amonium nitrat dan amonium sulfat.

Mengingat perkembangan industri di Indonesia maka sudah saatnya dilakukan pengkajian dan penelitian pengolahan limbah, khususnya limbah amoniak yang lebih sesuai dengan kondisi lingkungan perindustrian di Indonesia. Pada akhirnya hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi bagi pelaku industri yang menghasilkan limbah amoniak agar dapat mengolah air limbah buangnya, sehingga kandungan amoniak dalam limbah yang masuk ke sistem perairan umum sudah memenuhi syarat.

Pada penelitian ini telah dilaksanakan pengkajian dan penelitian pengolahan air limbah yang mengandung amoniak. Bahan penelitian, diambil dari salah satu industri amonium nitrat yang limbah cairnya mengandung kadar amoniak dan nitrat yang cukup tinggi.

Hasil analisa laboratorium menunjukkan polutan utama yang dikandung air limbah adalah senyawa amoniak dengan konsentrasi 300 mg/l – 3000 mg/l dan nitrat dengan konsentrasi 1000 – 4425 mg/l. Sedangkan konsentrasi BOD sangat kecil yakni sekitar 20-50 mg/l.

Senyawa nitrogen dapat dihilangkan dari air buangan dengan proses pengolahan secara kimiawi, fisik atau biologi. Sampai dengan saat ini cara biologi merupakan proses yang paling ekonomis, dalam hal ini amoniak dirubah menjadi nitrit dan nitrat dengan cara oksidasi oleh bakteri yang disebut proses nitrifikasi.

Hasil dari proses nitrifikasi adalah zat nitrit dan nitrat, kedua zat ini masih merupakan polutan apabila berada dalam sistem perairan, oleh karena itu penelitian yang dilakukan pada saat ini merupakan tahap awal, yang kemudian perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menghilangkan kandungan nitrit dan nitrat, sehingga hasil olahan air limbah yang dikeluarkan ke dalam sistem perairan umum telah memenuhi baku mutu air limbah.

Keuntungan dari pengolahan dengan sistem biologi adalah biaya operasi relatif lebih murah karena tidak memerlukan senyawa kimia tambahan sebagaimana halnya pada pengolahan secara kimia-fisika.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengkaji proses pengolahan air limbah yang mengandung konsentrasi amoniak yang tinggi, melalui suatu pengolahan sistem

biologis nitrifikasi yang menggunakan reaktor biofilm tercelup dengan media plastik tipe sarang tawon. Dari hasil penelitian ini diharapkan diperoleh gambaran karakteristik proses nitrifikasi yang menggunakan media sarang tawon, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alat.

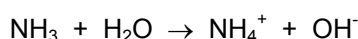
3. TINJAUAN PROSES NITRIFIKASI

3.1 Senyawa Amoniak

Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Besarnya kandungan amoniak pada air permukaan tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amoniak, keberadaan tanaman air yang menyerap amoniak, konsentrasi oksigen dan temperatur.

Konsentrasi amoniak dapat berubah-ubah sepanjang tahun. Pada musin panas konsentrasi senyawa ini dapat sangat rendah, hal ini disebabkan amoniak diserap oleh tumbuhan, disamping itu temperatur air yang tinggi dapat mempercepat proses nitrifikasi. Sedangkan pada musim dingin yaitu pada saat suhu rendah pertumbuhan bakteri berkurang sehingga proses nitrifikasi berjalan lambat yang menyebabkan konsentrasi amoniak pada sungai tinggi (Seagar *et al.* 1988).

Amoniak dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan temperatur yang mempengaruhi air. Nitrogen amonia berada dalam air sebagai amonium (NH_4^+) berdasarkan reaksi kesetimbangan sebagai berikut :



Kadar amoniak bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Amoniak pada konsentrasi 1 mg/l dapat mempengaruhi kehidupan air, dan dapat menyebabkan mati lemas karena dapat mengurangi kapasitas oksigen dalam air.

Senyawa amoniak dapat mengurangi efektifitas khlorin yang biasa digunakan pada proses khlorinasi yaitu proses tahap akhir dalam rangkaian proses pengolahan air yang bertujuan untuk menghilangkan bahan

organik yang tersisa dan untuk desinfektan. Asam hipoklorid dapat bereaksi dengan amoniak membentuk khloramin. Zat ini kurang efektif sebagai desinfektan sehingga amoniak dapat dikatakan memakai "kebutuhan klorin" pada proses khlorinasi (Benefield & Randall, 1980). Di dalam air limbah, senyawa amoniak ini dapat diolah secara mikrobiologis dengan cara aerasi melalui proses nitrifikasi hingga menjadi nitrit dan nitrat.

3.2 Siklus Nitrogen

Senyawa nitrogen merupakan senyawa yang sangat penting dalam kehidupan, karena nitrogen merupakan salah satu nutrisi utama yang berperan dalam pertumbuhan organisme yang hidup. Senyawa ini juga merupakan komponen dasar protein yang keberadaannya di perairan digunakan untuk memproduksi sel oleh hewan dan tumbuhan.

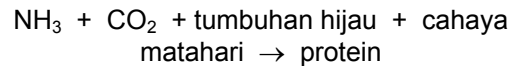
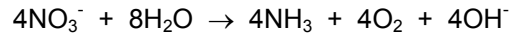
Jumlah nitrogen yang terdapat di atmosfer, paling banyak berada dalam bentuk gas nitrogen sebesar 78 %. Pada umumnya gas nitrogen ini tidak dapat dipergunakan secara langsung oleh makhluk hidup, hanya beberapa organisme khusus yang dapat mengubahnya ke dalam bentuk organik nitrogen dan proses yang terjadi dinamakan *fiksasi*.

Dalam lingkungan perairan, nitrogen terlarut dapat diikat oleh sejumlah bakteri dan alga. Nitrogen organik yang disintesa oleh tumbuhan dan alga merupakan sumber nitrogen bagi hewan. Dalam metabolismenya hewan akan membuang nitrogen dan senyawa-senyawa lain, senyawa tersebut kemudian dimineralisasi oleh mikroorganisme dan nitrogen akan dilepaskan sebagai amoniak. Proses yang sama juga akan terjadi jika tumbuh-tumbuhan dan hewan mati dan akan mengalami dekomposisi. Proses pelepasan amoniak ini disebut juga dengan *amonifikasi*. Amoniak sangat berguna bagi tumbuhan dan mikroorganisme untuk asimilasi menjadi sel baru yang memberikan lebih banyak nitrogen organik.

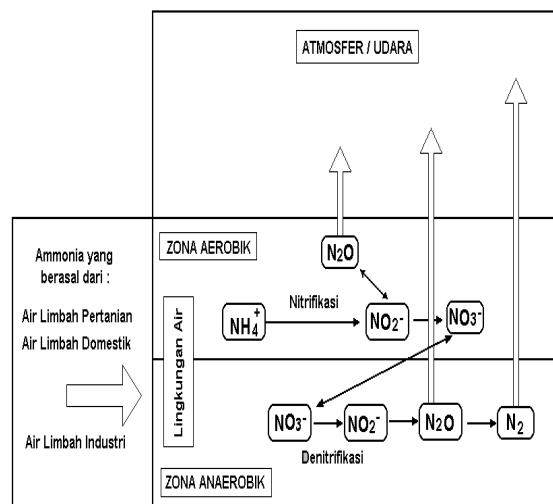
Untuk mengetahui sejauh mana peran senyawa nitrogen dalam proses pertumbuhan, maka perlu diketahui bentuk serta perubahannya yang terjadi di alam dalam suatu siklus yang disebut siklus nitrogen.

Siklus nitrogen yang terjadi di Lingkungan perairan secara sederhana dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1.

Senyawa nitrat dan amoniak dalam air digunakan oleh tumbuhan dan mikroorganisme dalam proses biosintesis (asimilasi) untuk membentuk sel baru yang akan menghasilkan nitrogen organik.



Setelah hewan dan tumbuhan mati, maka akan didekomposisi melalui proses biokimia dan bahan-bahan nitrogen organik yang terkandung akan diubah kembali menjadi bentuk amoniak. Proses ini dinamakan sebagai proses *mineralisasi*. Sebagian besar amoniak di alam akan dioksidasi menjadi bentuk nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) yang dilakukan oleh dua macam bakteri autotrof melalui proses yang disebut *nitrifikasi*.



Gambar 1 : Siklus Nitrogen Di Lingkungan Perairan.

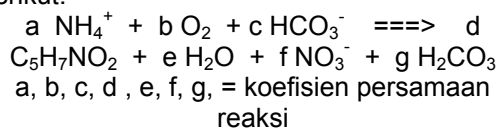
Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Senyawa ini dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia ammonium, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi aerobik, selama nitrit terbentuk, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter. Sedangkan pada kondisi anaerobik, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen. Nitrit yang ditemui pada air minum dapat berasal dari

bahan inhibitor korosi yang dipakai di pabrik pipa yang kemudian digunakan sebagai pipa pada sistem distribusi perusahaan air minum (PAM). Pada air permukaan, konsentrasi nitrit sangat rendah ($\mu\text{g/l}$), tetapi konsentrasi yang tinggi dapat ditemukan pada air limbah dan rawa-rawa yang seringkali mengalami kondisi anaerobik.

Senyawa nitrat adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa yang stabil. Senyawa ini dapat berasal dari buangan industri bahan peledak, pupuk dan cat. Secara alamiah kadar nitrat relatif rendah, tetapi kadar ini dapat menjadi tinggi sekali pada air tanah di daerah-daerah yang diberi pupuk yang mengandung nitrat. Di Indonesia konsentrasi nitrat dalam air minum tidak boleh melebihi 10 mg/l (Alaerts, G. & S.S. Santika, 1984).

3.3.1 Proses Nitrifikasi

Proses nitrifikasi adalah proses perubahan senyawa amonia (NH_4^+) menjadi senyawa nitrit (NO_2^-). Selanjutnya nitrit yang terbentuk dioksidasi menjadi nitrat (NO_3^-). Proses ini berlangsung dalam suasana aerobik. Agar reaksi dapat berjalan dengan sempurna, maka diperlukan tambahan udara dari luar, misalnya disuplai dengan blower. Sedangkan bakteri nitrifikasi (nitrifying bacteria) yang bekerja disini adalah jenis bakteri autotrop yang memerlukan karbon anorganik untuk aktifitasnya serta pertumbuhannya. Untuk itu diperlukan tambahan karbon anorganik dari luar. Secara sederhana reaksi nitrifikasi adalah sebagai berikut:

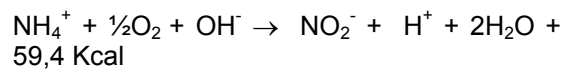


Proses nitrifikasi menurut Gardy & Lim (1980) didefinisikan sebagai konversi nitrogen ammonium (N-NH₄) menjadi nitrit (N-NO₂) yang kemudian menjadi nitrat (N-NO₃) yang dilakukan oleh bakteri autotropik dan heterotropik.

Proses nitrifikasi melalui beberapa tahap yakni :

a. Tahap nitritasi

Tahap ini merupakan tahap oksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrosomonas* menurut reaksi berikut :

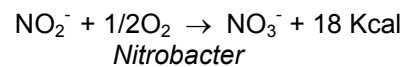


Nitrosomonas

Reaksi ini memerlukan 3,43 gram O₂ untuk mengoksidasi 1 gram nitrogen menjadi nitrit.

b. Tahap nitration

Tahap ini merupakan tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO_3^-) yang dilaksanakan oleh bakteri *nitrobacter* menurut reaksi berikut :



Reaksi ini memerlukan 1,14 gr O₂ untuk mengoksidasi 1 gr nitrogen menjadi nitrat.

Secara keseluruhan proses nitrifikasi dapat dilihat dari persamaan berikut :



Kedua reaksi diatas 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.

Kedua bakteri ini dikenal sebagai bakteri autotropik yaitu bakteri yang dapat mensuplai karbon dan nitrogen dari bahan-bahan anorganik dengan sendirinya. Bakteri ini menggunakan energi dari proses nitrifikasi untuk membentuk sel sintesa yang baru. Sedangkan bakteri heterotropik merupakan bakteri yang membutuhkan bahan-bahan organik untuk membangun protoplasma. Walaupun bakteri nitrifikasi autotropik keberadaannya di alam lebih banyak, proses nitrifikasi dapat juga dilakukan oleh bakteri jenis heterotropik (*Arthobacter*) dan jamur (*Aspergillus*) (Verstraete and Alexander, 1972).

Disamping itu dengan oksigen yang ada, maka senyawa N-NH₄ yang ada di perairan akan dioksidasi menjadi nitrat. Tetapi mengingat kebutuhan O₂ yang cukup besar, maka akan terjadi penurunan oksigen di dalam perairan tersebut sehingga akan terjadi kondisi anaerobik.

Pada proses pengolahan senyawa N-NH₄ secara biologis kebutuhan O₂ cukup

besar, sehingga kebutuhan O₂ yang tinggi dapat dipenuhi dengan cara memperbesar transfer O₂ ke dalam instalasi pengolahan. Pada reaktor lekat ini, transfer O₂ yang besar dapat diperoleh dengan cara menginjeksikan udara ke dalam reaktor. Dengan adanya injeksi udara diharapkan terjadi kontak antara gelembung udara dengan air yang akan diolah.

Faktor Pengontrol Proses Nitrifikasi

Beberapa faktor pengontrol dari proses nitrifikasi dalam proses pengolahan air antara lain adalah :

- **Konsentrasi Oksigen Terlarut (Dissolved Oksigen)**

Proses nitrifikasi merupakan proses aerob, maka keberadaan oksigen sangat penting dalam proses ini. Dengan demikian dibutuhkan batasan DO yang memungkinkan proses ini dapat berjalan dengan baik. Proses nitrifikasi akan berjalan dengan baik jika DO minimum > 1 mg/l. (Wild et. Al, 1980).

- **Temperatur**

Kecepatan pertumbuhan bakteri nitrifikasi dipengaruhi oleh temperatur antara 8 – 30°C, sedangkan temperatur optimumnya sekitar 30°C (Hitdlebaugh and Miler, 1981).

- **PH**

Pada proses biologi, nitrifikasi dipengaruhi oleh pH. pH optimum untuk bakteri *nitrosomonas* dan *nitrobacter* antara 7,5 – 8,5 (U.S. EPA, 1975). Proses ini akan terhenti pada pH dibawah 6,0 (Painter, 1970; Painter and Loveless, 1983).

3.4 Reaktor Biologis Unggun Tetap (Biofilter)

Struktur reaktor biofilter menyerupai saringan (filter) yang terdiri atas susunan atau tumpukan bahan penyangga yang disebut dengan 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). Air yang diolah akan dikontakkan dengan sejumlah mikroba dalam bentuk lapisan film (slime) yang melekat pada permukaan media.

Media penyangga merupakan salah satu kunci pada proses biofilter. Efektifitas dari suatu media tergantung pada :

- Luas permukaan, semakin luas permukaan media maka semakin besar jumlah biomassa per unit volume.
- Volume rongga, semakin besar volume rongga/ruang kosong maka semakin besar kontak antara substrat dalam air buangan dengan biomassa yang menempel

Faktor terpenting yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri pada media penyangga adalah kecepatan aliran air limbah serta bentuk dan jenis konfigurasi media. Media yang digunakan dapat berupa kerikil, batu pecah (split), media plastik (polivinil chlorida), dan partikel karbon aktif dan lainnya. Media yang sering digunakan pada proses biologis khususnya biofilter adalah media plastik yang terbuat dari PVC (Gabriel Bitton, 1994). Kelebihan dalam penggunaan media plastik ini antara lain :

- Ringan serta mempunyai luas permukaan spesifik besar (luas permukaan per satuan volume) berkisar antara sebesar 85-226 m²/m³.
- Volume rongga yang besar dibanding media lainnya (hingga 95%) sehingga resiko kebuntuan kecil.

Di dalam reaktor biofilter, mikro-organisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media dan pada saat beroperasi air mengalir melalui celah-celah media dan berhubungan langsung dengan lapisan massa mikroba (biofilm). Mekanisme perpindahan massa yang terjadi pada permukaan suatu media dinyatakan sebagai berikut :

- Diffusi substansi air buangan dari cairan induk ke dalam massa mikroba yang melapisi media.
- Reaksi peruraian bahan organik maupun anorganik oleh mikroba.
- Diffusi produk air yang terurai ke luar ke cairan induk limbah.

Permukaan media yang kontak dengan nutrisi yang terdapat dalam air buangan ini mengandung mikroorganisme yang akan

membentuk lapisan aktif biologis. Disamping itu oksigen terlarut juga merupakan faktor pembentukan lapisan film. Proses awal pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan film pada media membutuhkan waktu beberapa minggu, yang dikenal dengan "proses pematangan". Pada awalnya tingkat efisiensi penjernihan sangat rendah yang kemudian akan mengalami peningkatan dengan terbentuknya lapisan film (N.J. Horan, 1990).

3.5 Lapisan Biomassa

Lapisan biomassa atau biofilm menurut Siebel (1987) didefinisikan sebagai lapisan sel mikroba yang berkaitan dengan penguraian zat organik yang melekat pada suatu permukaan media.

Kecepatan pertumbuhan lapisan biofilm pada permukaan akan bertambah akibat perkembang-biakan dan adsorpsi yang terus berlanjut sehingga terjadi proses akumulasi lapisan biomassa yang berbentuk lapisan lendir (slime). Pertumbuhan mikroorganisme akan terus berlangsung pada slime yang sudah terbentuk sehingga ketebalan slime bertambah. Difusi makanan dan oksigen akan terus berlangsung sampai tercapai ketebalan maksimum sehingga pada kondisi ini difusi makanan dan oksigen ini tidak mampu lagi mencapai permukaan padatan yang akibatnya lapisan biomassa ini akan terbagi menjadi dua zona yaitu zona aerob dan zona anaerob. Pada kondisi ini mulai terjadi pengelupasan lapisan biomassa yang selanjutnya segera terbentuk koloni mikroorganisme yang baru sehingga pembentukan biofilm akan terus berlangsung. Proses pengelupasan ini juga disebabkan oleh pengikisan cairan yang berlebih yang mengalir melalui biofilm (Winkler, 1981).

Efisiensi penghilangan amoniak pada proses biofilter oleh lapisan biomassa dapat mencapai maksimum bila lapisan tipis di sebelah luar lapisan biomassa telah mencapai ketebalan maksimum untuk kondisi aerobik.

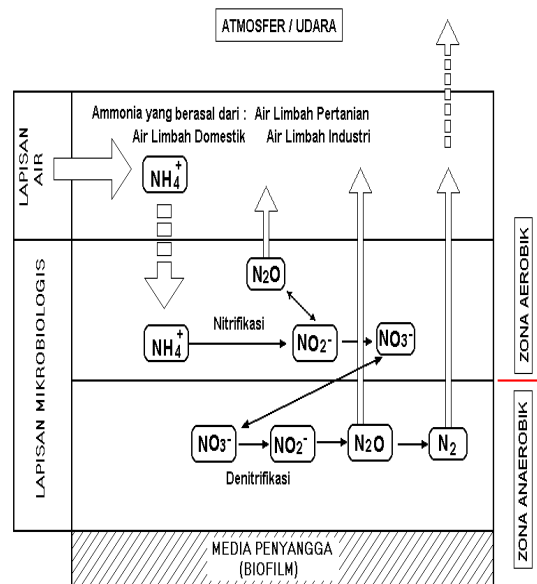
Mekanisme proses penguraian senyawa amoniak yang terjadi pada lapisan biofilm secara sederhana dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2. Lapisan terluar media penyangga adalah lapisan tipis zona aerobik, senyawa amoniak dioksidasi dan diubah ke dalam bentuk nitrit. Sebagian senyawa nitrit ada yang diubah menjadi gas dinitrogen oksida (N_2O) dan ada yang diubah menjadi

nitrat. Proses yang terjadi tersebut dinamakan proses nitrifikasi.

Semakin lama, lapisan biofilm yang tumbuh pada media penyangga tersebut semakin tebal sehingga menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam lapisan biofilm bagian dalam sehingga mengakibatkan terbentuknya zona anaerobik. Pada zona anaerobik ini, senyawa nitrat yang terbentuk diubah ke dalam bentuk nitrit yang kemudian dilepaskan menjadi gas nitrogen (N_2). Proses demikian tersebut dinamakan proses denitrifikasi.

Menurut Harris dan Hansford (1976), ketebalan lapisan aerobik antara 0.05-0.1 mm dari ketebalan total lapisan biomassa yaitu 0.1-2 mm dan ketebalan lapisan biomassa yang terbentuk ini tergantung pada karakteristik dari air buangan yang akan diolah.

Tomilinson & Snaddon, (1996), Korgeney & Andrew, (1968), La Motta, (1976), menegaskan bahwa penghilangan substrat oleh lapisan mikroorganisme akan bertambah secara linier dengan bertambahnya ketebalan film sampai dengan ketebalan maksimum, sedangkan penghilangan akan tetap konstan dengan bertambahnya ketebalan biomassa lebih lanjut.



Gambar 2 : Ilustrasi dari mekanisme proses penguraian amoniak di dalam biofilm

4. MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Material

4.1.a. Air Baku

Air baku yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari air limbah Pabrik Amonium Nitrat

4.1.b. Pertumbuhan Mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme dilakukan secara alami dengan cara mengalirkan air limbah domestik secara kontinyu ke dalam reaktor melalui media penyangga sampai terbentuknya lapisan biofilm yang melekat pada media. Pertumbuhan mikroorganisme ini juga didukung oleh suplai udara secara terus menerus dengan menginjeksikan udara ke dalam reaktor melalui alat pompa udara. Selanjutnya air limbah diinjeksikan sedikit-sedikit kedalam reaktor sampai proses berjalan stabil.

3.1.c. Model Reaktor Biologis

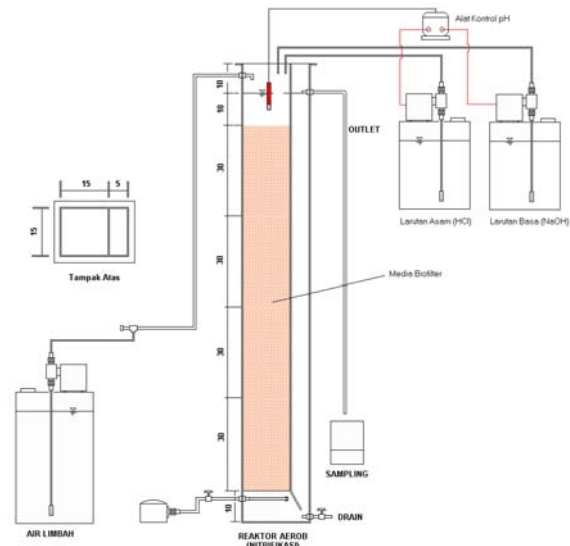
Model dari reaktor biologis yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor biologis dengan biakan melekat yaitu reaktor nitrifikasi, dengan spesifikasi seperti tertera pada Tabel 1. Sedangkan spesifikasi media yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Diagram proses nitrifikasi dengan reaktor biofilter terlihat seperti pada Gambar 3.

Tabel 1 : Spesifikasi Teknis Reaktor Biofilter.

| ITEM | SPEKIFIKASI |
|------|---|
| 1 | <p>REAKTOR :</p> <p>Dimensi Total 15 cm x 20 cm x 150 cm (45 liter)</p> <p>Volume Reaktor Biofilter 15 cm x 15 cm x 140 cm (31,5 liter)</p> <p>Volume Bak Pengendap 15 cm x 5 cm x 140 cm (10,5 liter)</p> <p>Tinggi Bed Media 120 cm</p> <p>Volume Media 15 cm x 15 cm x 120 cm (27 liter)</p> <p>Tinggi Ruang Lumpur 10 cm</p> <p>Tinggi kolom air di atas media 10 cm</p> <p>Tinggi Ruang Bebas 10 cm</p> |
| 2 | <p>POMPA DOSING :</p> <p>Tipe Uni – Dose U04</p> <p>Jumlah 1 unit</p> <p>Kapasita min. 0,95 liter per jam</p> <p>Kapasitas maksimum 4,8 liter per jam</p> |
| 3 | <p>WAKTU TINGGAL :</p> <p>Minimum 6 jam</p> <p>Maksimum 33 jam</p> |

Tabel 2 : Spesifikasi Media BioFilter

| No | MEDIA BIOFILTER | SPEKIFIKASI |
|----|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | Bahan | PVC Sheet |
| 2 | Tipe | Sarang Tawon (Cross flow) |
| 3 | Ukuran Lubang | 2 cm x 2 cm |
| 4 | Ketebalan Media | 0,5 mm |
| 5 | Ukuran Modul | Disesuaikan dengan ukuran reaktor |
| 6 | Luas Permukaan Spesifik | $\pm 226 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ |
| 7 | Berat Spesifik Media | 30 – 35 kg / m ³ |
| 8 | Porositas Media | 98 % |
| 9 | Warna | Bening / transparant |



Gambar 3 : Diagram Proses Nitrifikasi Menggunakan Reaktor Biofilter Aerobik

5. HASIL PERCOBAAN

5.1. Proses Nitrifikasi

Proses pembiakan mikroba dilakukan dengan cara memasukkan air limbah domestik kedalam reaktor secara kontinyu sambil diaerasi secara terus-menerus selama kurang lebih dua minggu. Selanjutnya reaktor nitrifikasi diberi umpan campuran antara air limbah domestik dengan air limbah pabrik amonium nitrat dengan perbandingan 90% air

limbah domestik dan 10 % air limbah amonium nitrat dengan waktu tinggal 3 hari. Selanjutnya proses seeding dilakukan dengan memperkecil perbandingan antara air limbah domestik dengan air limbah amonium nitrat sampai akhirnya air limbah yang digunakan adalah 100 % air limbah amonium nitrat. Total proses seeding dilakukan selama kurang lebih 5 minggu.

Setelah proses seeding berjalan 5 minggu dilakukan analisa air limbah sebelum dan sesudah proses nitrifikasi.

Konsentrasi Amoniak, Nitrit dan

Tabel 4: Nitrat sebelum dan sesudah proses nitrifikasi.

Tabel 4.1 Konsentrasi Amoniak dengan waktu tinggal 3 hari

| TGL. PERC- | WT HARI | AMONIAK (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|------------|---------|----------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| 7 Juni | 3 | 1133 | 144 | 87,29 |
| 11 Juni | | 1133 | 89 | 92,14 |
| 14 Juni | | 2118 | 144 | 93,20 |
| 18 Juni | | 2188 | 326 | 85,10 |
| 21 Juni | | 2118 | 274 | 87,06 |
| Rata-rata | | 1738 | 195,4 | 88,95 |

Tabel 4.2 Konsentrasi Nitrit Dengan Waktu Tinggal 3 Hari

| TGL. PERC. | WT (HARI) | NITRIT (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|------------|-----------|---------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| 7 Juni | 3 | 3 | 275 | |
| 11 Juni | | 3 | 121 | |
| 14 Juni | | 42 | 359 | |
| 18 Juni | | 42 | 275 | |
| 21 Juni | | 42 | 267 | |

Catatan : pH Reaktor diatur sekitar pH 7,5

Tabel 4.3 Konsentrasi Nitrat Dengan Waktu Tinggal 3 Hari

| TGL PERC | WT (HARI) | NITRAT (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|----------|-----------|---------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| 7 Juni | 3 | 4425 | 5029 | |
| 11 Juni | | 4425 | 4871 | |
| 14 Juni | | 2800 | 6247 | |
| 18 Juni | | 2800 | 3346 | |
| 21 Juni | | 1775 | 4370 | |

Tabel 4.4 Konsentrasi Amoniak Dengan Waktu Tinggal 2 Hari

| TGL PERC | WT (HARI) | Amoniak (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|----------|-----------|----------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| | | | | |

| | | | | |
|-----------|--|-----|-----|-------|
| 7 Ags | | 182 | 1 | 99,45 |
| 8 Ags | | 235 | 2 | 99,15 |
| 9 Ags | | 306 | 2 | 99,35 |
| 10 Ags | | 245 | 5 | 97,35 |
| Rata-rata | | 242 | 2,5 | 98,82 |

Tabel 4.5 Konsentrasi Amoniak Dengan Waktu Tinggal 1 Hari

| TGL PERC. | WT (HARI) | Amoniak (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|-----------|-----------|----------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| 14 Ags | 1 | 136 | 5 | 6,32 |
| 15 Ags | | 261 | 9 | 6,55 |
| 20 Ags | | 2140 | 7 | 9,67 |
| 21 Ags | | 2342 | 7 | 9,70 |
| Rata-rata | | 1219,7 | 7 | 98,06 |

Tabel 5. Korelasi Waktu Tinggal Dengan Penurunan Konsentrasi Amoniak Rata-Rata Dan Efisiensi

| No | Waktu Tinggal (HARI) | Amoniak (mg/l) | | EFISI ENSI (%) |
|----|----------------------|----------------|--------|----------------|
| | | INLET | OUTLET | |
| 1 | 3 | 1738 | 195,4 | 88,95 |
| 2 | 2 | 242 | 2,5 | 98,82 |
| 3 | 1 | 1219,7 | 7 | 98,06 |

6. PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Proses seeding (pembiasaan) berjalan selama 5 minggu hingga dicapai air umpan total 100 % adalah air limbah dari pabrik amonium nitrat yang akan diolah. Percobaan dilakukan dengan umpan 100 % air limbah amonium nitrat, dimulai setelah proses seeding selesai. Untuk mengkaji penurunan konsentrasi amoniak dan waktu tinggal yang optimum, percobaan dilakukan secara bertahap. Tahap pertama dicoba dengan waktu tinggal selama 3 hari, tahap kedua 2 hari dan tahap ketiga 1 hari. Dilakukan beberapa kali percobaan untuk masing-masing waktu tinggal tersebut. Dari hasil uji coba selama beberapa waktu, hasil percobaan menunjukkan reaktor biofilter nitrifikasi yang digunakan, dapat menurunkan konsentrasi amoniak, namun terjadi kenaikan konsentrasi nitrit dan nitrat, hal ini memang sudah diperkirakan karena pada proses nitrifikasi amoniak dikonversi menjadi nitrit dan nitrat. Percobaan dengan waktu tinggal 3 hari rata-rata diperoleh efisiensi pengurangan amoniak sebesar 88,95 %. Percobaan dengan waktu tinggal 2 hari rata-rata diperoleh efisiensi pengurangan amoniak sebesar 98,82 %. Percobaan dengan waktu tinggal 1 hari rata-rata diperoleh efisiensi pengurangan amoniak sebesar 97,06 %. Dari

hasil percobaan yang diperoleh menunjukkan kondisi reaktor yang semakin lama semakin baik, hal ini menunjukkan semakin lama lapisan mikro-organisme semakin tebal/banyak. sehingga proses biologis nitrifikasi semakin banyak terjadi. Efisiensi pada waktu tinggal 1 hari lebih kecil sedikit dari waktu tinggal 2 hari tetapi masih diatas 90 %, perbedaan yang kecil ini menunjukkan kondisi lapisan mikro-organisme sudah menunjukkan stabil, oleh karena itu waktu tinggal 1 hari dapat diambil sebagai waktu tinggal yang optimal. Air baku yang digunakan konsentrasinya tidak stabil, kadang-kadang diperoleh air baku dengan konsentrasi amoniak yang kecil, hal ini terlihat pada percobaan dengan waktu tinggal 2 hari, namun pada percobaan dengan waktu tinggal 1 hari air baku yang diolah kembali mempunyai konsentrasi yang tinggi, jadi dalam hal ini reaktor yang digunakan tetap mampu mengolah air baku dengan konsentrasi amoniak tinggi.

Secara keseluruhan hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 5 yang menunjukkan kurva korelasi antara waktu tinggal dengan penurunan konsentrasi amoniak rata-rata dan efisiensi penurunan amoniak. Efisiensi paling tinggi diperoleh pada waktu tinggal 2 hari, namun pada saat itu kandungan amoniak pada air baku rendah, efisiensi pengurangan amoniak dengan waktu tinggal 1 hari masih cukup tinggi, dan pada saat ini kandungan amoniak pada air baku tinggi, sehingga waktu tinggal 1 hari dianggap sudah cukup baik.

Hasil percobaan menunjukkan konsentrasi nitrit dan nitrat naik. Kenaikan konsentrasi nitrit dan nitrat memang sudah diperkirakan, karena pada proses nitrifikasi, amonia dikonversi menjadi nitrit dan nitrat.

Seperti telah disebutkan pada bab Tujuan Percobaan bahwa uji coba pada tahap ini adalah hanya mengkaji karakteristik proses nitrifikasi, jadi hasil pengolahan limbah yang diperoleh masih banyak mengandung nitrat dan nitrit sehingga air hasil olahan dari proses ini belum bisa dibuang ke dalam sistem perairan umum. Oleh karena itu rencana selanjutnya, hasil percobaan pengolahan dengan proses nitrifikasi ini perlu dilanjutkan dengan proses denitrifikasi yaitu suatu proses yang dapat menurunkan kandungan nitrit dan nitrat sehingga air hasil pengolahan limbah dari proses denitrifikasi dapat langsung dibuang ke sistem perairan umum.

Penelitian saat ini hanya melakukan proses nitrifikasi, penelitian selanjutnya adalah melakukan proses denitrifikasi, jadi dalam hal ini proses nitrifikasi dan proses denitrifikasi dilakukan secara terpisah, dengan tujuan untuk mengkaji karakteristik masing-masing proses. Penelitian yang terakhir adalah menggabungkan proses nitrifikasi dan proses denitrifikasi menjadi satu sistem.

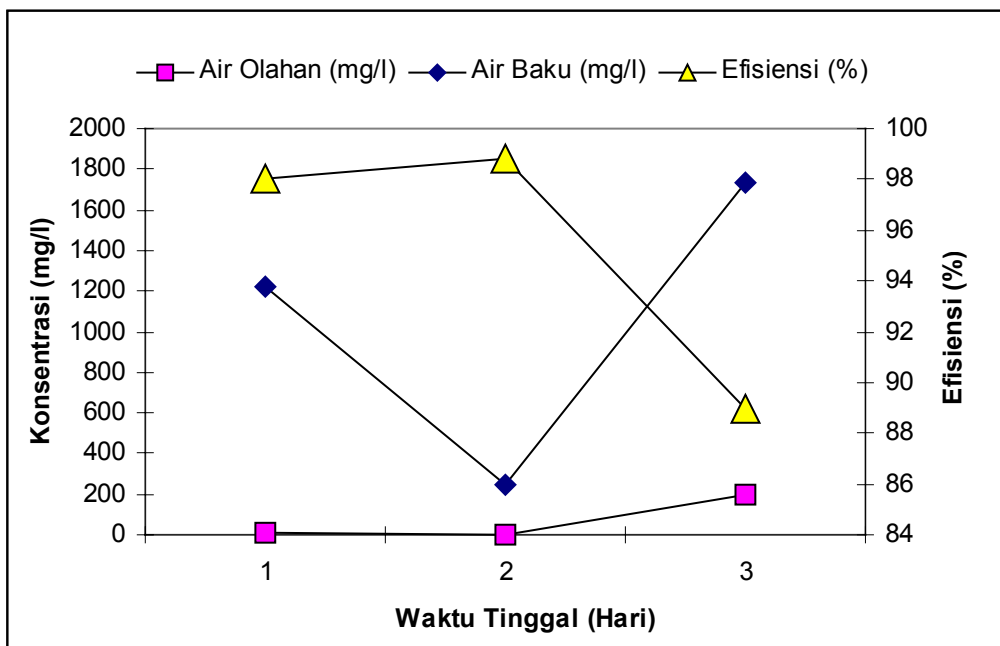
DAFTAR PUSTAKA

1. Mark J. Hammer, "Water and Waste-Water Technology", Jhon Wiley & Sons, Inc., 1975
2. Paul N. Cheremisinoff, " Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology", Marcel Dekker, Inc., 1995
3. Henze. M. dkk. " Wastewater Treatment, Biological and Chemical Process", Springer-Verlag, Lyngby (1995)
4. Graff.A. dkk. " Anaerobic Oxidation of Ammonium Is a Biologically Mediated Process" Journal of Applied and Environmental Microbiology (April 1995).
5. Kida. K. dkk. "Efficient Removal of Organic Matter and NH from Pot Ale by a Combination of Methane Fermentation and Biological Denitrification and Nitrification Process" Journal of Process Engineering (1999).

LAMPIRAN :



Gambar 4 : Reaktor Biofilter Untuk Proses Nitrifikasi Yang Digunakan Untuk Percobaan.



Gambar 5 : Kurva Korelasi Antara Waktu Tinggal Dengan Sisa Konsentrasi Amoniak Dan Efisiensi Pengurangan Konsentrasi Amoniak