



**STUDI PENGARUH METODE PENGERINGAN TERHADAP
BIOAKTIVATOR DALAM MENYISIHKAN AMMONIUM PADA LIMBAH CAIR**

Monica Merybath Siregar^{*)}, Sudarno^{**}, Endro Sutrisno ^{**}

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Jl. Prof. Soedharto SH, Tembalang, Semarang. 50275.

Telp. (024) 76480678

Email: merybath96@gmail.com

ABSTRAK

Penyisihan ammonium (NH_4^+) pada limbah cair dapat dilakukan dengan proses pengolahan biologis dengan pertumbuhan terlekat menggunakan *Batch Reactor*. *Batch Reactor* yang diinokulasi oleh sedimen rawa pening diumpankan dengan limbah artifisial yang mengandung konsentrasi ammonium yaitu 50 mg $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{L}$. Reaktor dioperasikan secara *batch* selama 7 hari dan pH berkisar 7,5-8,5. Variasi metode Pengeringan dalam pembuatan bioaktivator dan variasi sumber karbon, sehingga didapat hasil penurunan laju oksidasi ammonium (LOA). FBR dioperasikan secara *batch* selama 14 untuk mengetahui pengaruh fluktuasi salinitas terhadap penyisihan ammonium. Kemampuan oksidasi ammonium pada sumber karbon CaCO_3 lebih baik dibandingkan NaHCO_3 . Hal ini didapat dari nilai LOA pada reaktor CaCO_3 yaitu 5,75, 5,85, 5,81 % mg $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{L}$ lebih besar dibandingkan pada NaHCO_3 yaitu 5,74, 5,74, 5,75 mg $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{L}$ pada reaktor A,B,C.

Kata kunci: nitrifikasi, pengeringan, bioaktivator, bakteri pengoksidasi ammonium, bakteri pengoksidasi nitrit, *Aerobic Batch Reactor*.

ABSTRACT

*Ammonium (NH_4^+) removal in liquid waste can be carried out with a biological treatment process with attached growth using a *Batch Reactor*. *Batch Reactor* which was inoculated by sediment swamp sediment was fed with artificial waste containing ammonium concentration of 50 mg $\text{NH}_4^+ -\text{N} / \text{L}$. *Batch Reactor* is operated in batches for 7 days and pH ranges from 7.5 to 8.5. Variation of drying method in making bioactivators and variations in carbon sources, so that the results of a decrease in ammonium oxidation rate (LOA) can be obtained. FBR is operated in batches for 14 to determine the effect of salinity fluctuations on ammonium removal. Ammonium oxidation ability in CaCO_3 carbon source is better than NaHCO_3 . This is obtained from the value of LOA in the CaCO_3 reactor which is 5.75, 5.85, 5.81% mg $\text{NH}_4^+ -\text{N} / \text{L}$ greater than in NaHCO_3 which is 5.74, 5.74, 5.75 mg $\text{NH}_4^+ -\text{N} / \text{L}$ in reactor A, B, C.*

Keywords: nitrification, drying, bioactivator, Ammonium Oxidizing Bacteria, Nitrit Oxidizing Bacteria, *Aerobic Batch Reactor*

PENDAHULUAN

Pencemaran air yaitu masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air, yang menyebabkan kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu sehingga air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Effendi (2003) pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal. Pencemaran dapat memasuki badan air dengan berbagai cara, misalnya melalui atmosfer, tanah, limpasan (*run off*) pertanian, limbah domestik dan perkotaan, pembuangan limbah industri, dan lain-lain.

Limbah amoniak termasuk dalam kategori limbah cair industri kategori limbah limbah B3. Limbah amoniak yang langsung dibuang tanpa mengalami pengolahan lebih lanjut dapat membahayakan bagi manusia. Selain limbah tersebut dapat dikonsumsi oleh manusia, limbah tersebut dapat meningkatkan populasi alga dimana unsur hara yang terkandung dalam limbah amoniak (Unsur N) digunakan sebagai nutrisi untuk media tumbuh dan perkembangbiakkan alga.

Zat amoniak dalam air akan bereaksi dengan kaporit atau asam hipoklorik dan membentuk monokloramin, dikloramin atau trikloramin tergantung pH, perbandingan konsentrasi pereaksi dan suhu, kadar NH_3 yang tinggi menyebabkan bau yang tidak enak. NH_3 tersebut dapat dihilangkan sebagai gas melalui aerasi atau reaksi dengan kaporit. Hingga menjadi kloramin yang tidak berbahaya atau sampai menjadi N_2 . Sedangkan dampak negatif dari Amoniak diantaranya, menyebabkan proses eutrofikasi dalam badan air penerima dan menyebabkan penurunan

kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk nitrifikasi NH_3 akibat organisme badan air kekurangan oksigen dan akan mengalami kematian lebih lanjut dan akan terjadi anaerobik dalam badan air. (Siregar, 2004).

Karakter air limbah meliputi sifat-sifat fisika, kimia, dan biologi. Dengan mengetahui jenis polutan yang terdapat dalam air limbah, dapat ditentukan unit proses yang dibutuhkan. Karakter fisika air limbah meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Karakter kimia air limbah meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Karakter biologis meliputi mikroorganisme yang dibedakan menjadi binatang dan tumbuhan. Keberadaan mikroorganisme dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi kualitas air. Karakteristik air limbah yang biasa diukur antara lain temperatur, pH, alkalinitas, padatan-padatan, kebutuhan oksigen, nitrogen, dan fosfor (Sakti, 2005).

Unit proses biologi memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengurai cemaran secara alami. Sebagian besar air limbah mengandung zat organik sehingga proses biologi merupakan tahapan yang penting. Dibandingkan dengan proses alami, proses biologi biasanya lebih cepat dan membutuhkan tempat lebih sedikit. Namun, peningkatan intensitas menyebabkan proses lebih sensitif sehingga memerlukan proses kontrol yang intensif dan teliti

Penyisihan nitrogen dalam air limbah dapat dilakukan melalui proses fisika dan biologi (Furukawa, 2010). Namun dalam pengaplikasiannya, proses biologis umum digunakan karena lebih efektif dan murah (Ahn, 2004). Proses biologis ini

memanfaatkan kelompok bakteri aerob yang mengubah amonia menjadi nitrat dan kelompok bakteri anaerob yang mengubah nitrit dan nitrat menjadi gas N_2 (Khardenavis *et al.*, 2009). Proses biologis ini memanfaatkan bakteri aerob yang mengoksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) dan nitrit dioksidasi menjadi nitrat (NO_3^-) (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Dalam perspektif proses, pengolahan air limbah secara biologis dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan *tersuspensi* (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. Proses biologis biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi didalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya. (Siregar, 2004). Konsentrasi ammonium dari limbah rumah sakit bervariasi tergantung pada kegiatan penghasil air limbah. Ammonium dapat direduksi dengan berbagai proses seperti pertukaran ion dan proses biologis seperti nitrifikasi dan denitrifikasi. *Fixed Batch Reactor* merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah dengan menggunakan prinsip pertumbuhan tersuspensi. Dalam Goh Chin Ping (2008), Steve menyebutkan bahwa sistem biomassa terlekat memiliki aktivitas mikroorganisme yang lebih baik dibandingkan dengan sistem biomassa tersuspensi. Hal ini karena mikroorganisme yang membentuk lapisan biofilm memiliki konsentrasi substrat yang rendah dan memberikan kemungkinan reaksi yang

lebih tinggi dengan nutrient di luar substrat. (Tri Suarbawa *et al.*, 2013).

Salah satu indikasi tercemarnya suatu perairan adalah kandungan amoniak. Tingginya konsentrasi amoniak dalam air limbah mengakibatkan suatu lingkungan berada dalam kondisi tercemar. Amoniak adalah senyawa kaustik dan menimbulkan bau tidak sedap yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem perairan, kerusakan paru-paru dan kematian. Penelitian ini akan meneliti penyisihan ammonium yang terdapat pada menggunakan variasi metode pengeringan terhadap bioaktivator, dan akan dianalisis pengaruh parameter dan dampaknya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian eksperimental, yaitu penelitian digunakan untuk mencari pengaruh dari suatu perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2009). Secara umum, bagian penelitian yang mendapatkan perlakuan dikatakan sebagai variabel (segala sesuatu yang dapat divariasikan) bebas (*independent variable*), sedangkan variabel yang lainnya, yaitu variabel yang diukur atau ditentukan dinamakan dengan variabel terikat (*dependent*). Dengan demikian *independent* dapat didefinisikan sebagai variabel penyebab yang bertanggung jawab tentang fenomena atau situasi, sedangkan *dependent variable* didefinisikan sebagai keluaran dari perubahan yang dihasilkan oleh *independent variable*.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor *lab scale*. Pada awal penelitian dilakukan pengujian terhadap sumber mikroorganisme yang paling efisien untuk menyisihkan ammonium dengan cara mengkontakkan sedimen dengan limbah dalam suatu reaktor *fix batch* selama 14 hari. Parameter yang diuji adalah pH, konsentrasi ammonium, nitrit, nitrat dan temperatur. Sumber

mikroorganisme yang diuji berasal dari Danau Rawa Pening bagian tengah. Selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan 3 metode pengeringan yaitu, langsung dibawah sinar matahari, di dalam ruangan tertutup, dan di bawah sinar lampu yang berada di dalam ruangan. Selanjutnya bioaktivator yang paling efisien diuji lebih lanjut untuk mengetahui efisiensi penyisihan ammonium.

Penelitian ini dilakukan selama 14 hari, *Fixed Batch Reactor* dan dioperasikan secara *batch* untuk tahapan *seeding* dan aklamatisasi mikroorganisme. Menurut Baikun Li (2011), tahapan aklamatisasi membutuhkan waktu minimal 2 minggu untuk pertumbuhan *biofilm* yang baik, sebab *biofilm* juga membutuhkan waktu yang cukup dengan substrat agar dapat mendegradasi bahan organik yang terkandung. Pada tahapan ini, air limbah yang digunakan mengandung konsentrasi $\pm 80 \text{ mg/l NH}_4^+ \text{-N}$. Parameter yang di amati rutin setiap harinya adalah pH, konsentrasi ammonium. Proses aklamatisasi dapat dianggap selesai jika efisiensi penyisihan ammonium telah konstan.

Analisis pengaruh penambahan variasi metode pengeringan dan sumber mikroorganisme terhadap efisiensi penyisihan ammonium pada *Fixed Batch Reactor*, dimulai setelah pengaktifan bioaktivator. *Fixed Batch Reactor* dioperasikan secara batch dengan konsentrasi ammonium 80 mg/l dengan penambahan variasi metode pengeringan yaitu di bawah sinar matahari, di dalam ruangan, dan dibawah sinar lampu dan variasi sumber mikroorganisme yang berbeda. Variasi metode pengeringan ini bertujuan untuk mengetahui terhadap ketahanan mikroorganisme dalam penyisihan ammonium. Pengukuran uji laboratorium dilakukan setiap hari. Parameter yang di amati rutin setiap harinya adalah pH, konsentrasi ammonium, nitrit dan nitrat.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini terbagi dalam empat tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan penelitian, tahap analisis data dan penarikan kesimpulan. Pada tahap persiapan mencari dan mempelajari literatur, buku, dan jurnal-jurnal yang relevan dengan penyisihan ammonium dengan menggunakan *Aerobik Fixed Batch Reactor* serta dilakukan persiapan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian dan pembuatan *fix batch reactor*.

Pada tahap pelaksanaan, dilakukan proses pengembangbiakan mikroba melalui tahapan *seeding* kemudian lanjut aktivasi bioaktivator sampai proses *running* dan pengambilan data. Tahapan *seeding* dan aklamatisasi bertujuan untuk proses bertumbuh dan berkembangbiaknya mikroorganisme. Pada tahap ini kedua reaktor akan dioperasikan secara *batch* selama 14 hari dengan umpan berupa limbah dengan konsentrasi $\pm 80 \text{ mg/l NH}_4^+$. Selain itu, diberikan penambahan sodium bikarbonat yang berfungsi sebagai pH buffer dan sebagai sumber karbon. Parameter yang diukur tiap harinya pada tahap ini adalah ammonium, nitrit, nitrat, suhu dan pH.

Pada tahapan aktivasi, bioaktivator yang sudah dikeringkan akan diberikan variasi sumber karbon untuk mengetahui pengaruh dan optimasi karbon yang paling baik dalam mengoksidasi ammonium, dan pada tahapan *running*, masing-masing reaktor dioperasikan secara batch dengan umpan limbah artifisial dengan konsentrasi ammonium 80 mg/l $\text{NH}_4^+ \text{-N}$.

Tabel 1. Hasil Pembuatan Limbah Artifisial

Parameter	Satuan	Hasil
NH_4^+	mg/L	81,00
pH	-	8,4

Pada tahapan ini, dilakukan pengukuran rutin harian konsentrasi ammonium, nitrit, nitrat, dan pH pada tiap reaktor. Selain itu, dilakukan juga

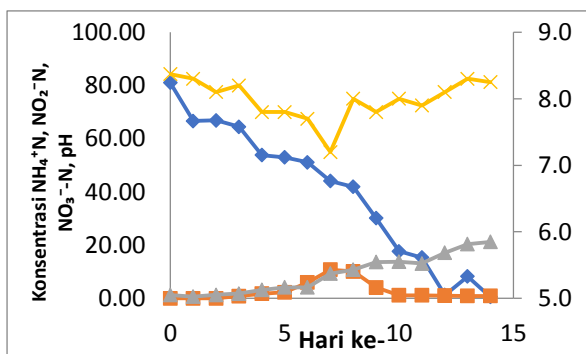
pengukuran nilai laju oksidasi ammonium yang dilakukan setiap pergantian konsentrasi ammonium. Pengukuran laju oksidasi ammonium dilakukan dengan cara mengoperasikan reaktor secara *batch* (Sudarno *et al*,2010). Laju oksidasi ammonium dapat dihitung dengan persamaan 3.2

$$\frac{\text{Laju oksidasi ammonium}}{\text{Konsentrasi awal - Konsentrasi Akhir}} \dots\dots\dots(1)$$

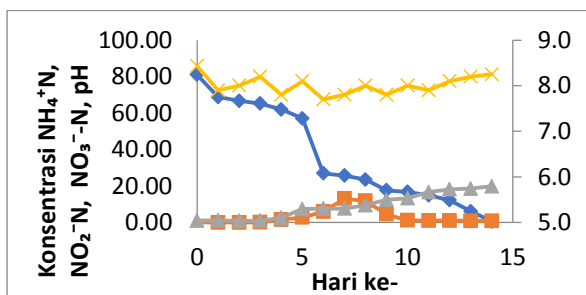
Jumlah hari

HASIL DAN PEMBAHASAN

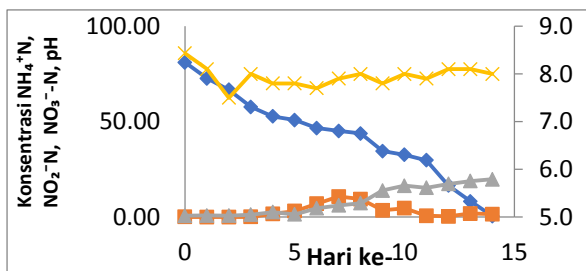
1. Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Bioaktivator



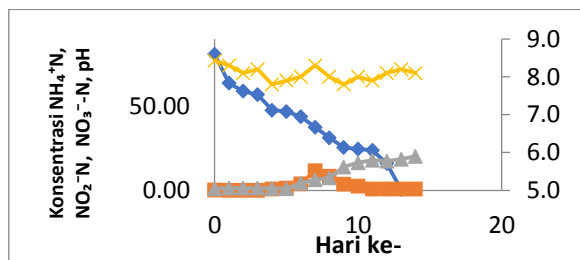
Gambar 1. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor A1



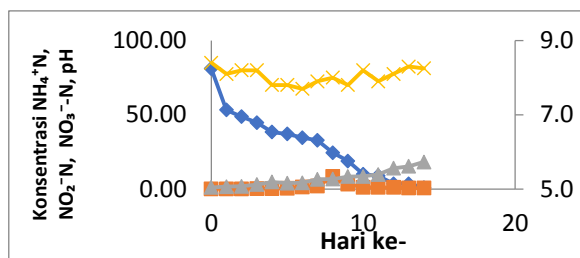
Gambar 2. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor A2



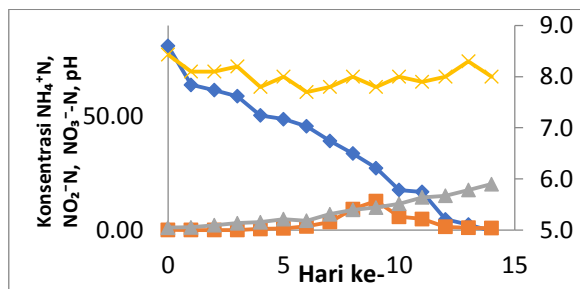
Gambar 3. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor B1



Gambar 4. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor B2



Gambar 5. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor C1



Gambar 5. Grafik Nitrifikasi Pada Reaktor C2

Berdasarkan pada gambar 1 sampai dengan gambar 6, konsentrasi ammonium pada reaktor A1 sudah mengalami penurunan sejak hari pertama dengan konsentrasi awal 81,00 mg NH₄⁺-N/L menjadi 66,63 NH₄⁺-N/L. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bioaktivator pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada hari ke-tujuh mencapai 10,77mg NO₂⁻N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini

menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah dilakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,74 mg NH_4^+ -N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 14,37 mg NH_4^+ -N/l.hari yang terjadi pada hari pertama. Selain itu, efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 99,29 %.

Berdasarkan analisa dan hasil penelitian pada reaktor A2, sama halnya dengan reaktor A1 yaitu konsentrasi ammonium sudah mengalami penurunan sejak hari pertama dengan konsentrasi awal 81,0 mg NH_4^+ -N/L menjadi 68,78 mg NH_4^+ -N/L. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bakteri pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada hari ke-sembilan mencapai 13,11 mg NO_2^- -N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah dilakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,75 mg NH_4^+ -N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 30,3 mg NH_4^+ -N/l.hari yang terjadi pada hari ke enam. Selain itu, efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 99,33 %.

Selain itu, berdasarkan data tabel diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh pengeringan diruangan tertutup tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap

mikroorganisme pengoksidasi ammonium, sehingga pengeringan hanya berpengaruh terhadap laju dan waktu pengeringan. Untuk membuktikan, diperlukan penelitian yang lebih lanjut, dan jika berdasarkan metode variasi sumber karbon, lumayan terlihat perbedaan antara A₁ dengan A₂ yaitu reaktor yang menggunakan CaCO_3 sebagai sumber karbon, bioaktivator lebih cepat mengoksidasi ammonium sehingga reaksi nitrifikasi berjalan dengan cepat dan lebih baik dibandingkan dengan sumber karbon NaHCO_3 , ini disebabkan karbon dioksida (CO_2) dalam air dalam bentuk gas dan nilai yang terukur di perairan biasanya berupa CO_2 bebas. Bentuk lain karbon dioksida di perairan adalah ion bikarbonat (HCO_3^-), ion karbonat CO_3^{2-} , dan asam karbonat (H_2CO_3). Karbon dioksida (CO_2) dapat meningkatkan daya larut kalsium karbonat CaCO_3 . Karbon dioksida akan bereaksi CaCO_3 membentuk kalsium bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) yang larut dalam air. Nilai CO_2 menurun seiring penambahan CaCO_3 tetapi sebaliknya nilai pH akan meningkat seiring dengan penambahan CaCO_3 . Menurut Effendi (2000), CO_2 dalam air bentuknya CO_2 dan asam karbonat (H_2CO_3) pada pH rendah di bawah 6 di mana perlakuan kontrol nilai pH rendah sekitar 6-6,5 sehingga yang terukur nilai CO_2 lebih tinggi sedangkan yang ditambah CaCO_3 dosis sekitar 30-120 mg/L dengan nilai pH 6,5-8 nilai CO_2 rendah karena dalam air CO_2 bentuknya ion bikarbonat (HCO_3^-) dan nilai pH > 10 maka CO_2 dalam air bentuknya ion karbonat CO_3^{2-} . Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik meningkat dengan penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Ikan tidak dapat mentolerir amonia bebas dengan kadar yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah.

Menurut Effendi (2000), bahwa proses nitrifikasi berakhir dan toksisitas logam meningkat pada pH rendah sekitar < 6. Alkalinitas merupakan

gambaran air untuk menetralkan asam atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen sehingga diartikan sebagai kapasitas penyangga terhadap perubahan pH perairan. Penyusun alkalinitas yang paling utama anion bikarbonat, karbonat, dan hidroksida. CaCO_3 ke dalam air akan bereaksi dengan karbon hidroksida akan membentuk kalsium *divalent* dan bikarbonat. Anion bikarbonat berperan sebagai sistem penyangga (*buffer*). Penambahan kalsium karbonat di media meningkat seiring dengan dosis CaCO_3 yang diberikan.

Terjadi ketidakseimbangan pada konsentrasi nitrat sebagai produk akhir dari proses nitrifikasi dengan konsentrasi ammonium pada awal tahap *running*. Hal ini menunjukkan adanya nitrogen yang hilang karena konsumsi unsur nitrogen oleh bakteri untuk sintesis organ tubuh bakteri atau keberadaan bakteri denitrifikasi yang tercampur dalam sedimen. Proses denitrifikasi dapat berlangsung pada kondisi aerob dengan bakteri heterotrof yang terdapat pada proses nitrifikasi. *Nitrosomonas europaea* merupakan bakteri nitrifikasi yang menggunakan nitrit sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi ammonium dan mereduksi nitrit serta nitrat menjadi gas nitrogen dalam kondisi anaerob. Pada kondisi aerobik, bakteri ini akan menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron (Tchobanoglous *et al*, 2003).

Berdasarkan analisa dan hasil penelitian pada reaktor B₁, sama hal nya dengan reaktor A₁ dan A₂ yaitu konsentrasi ammonium sudah mengalami penurunan sejak hari pertama namun tidak terlalu signifikan dengan konsentrasi awal 81,00 mg NH_4^+ -N/L menjadi 72,62mg NH_4^+ -N/L. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bakteri pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua

seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada hari ke-tujuh mencapai 10,81 mg NO_2^- -N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah di lakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,74 mg NH_4^+ -N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 9,22 mg NH_4^+ -N/l.hari yang terjadi pada hari ke sembilan. Selain itu, efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 99,29%.

Sedangkan pada reaktor B₂, sama hal nya yaitu konsentrasi ammonium sudah mengalami penurunan sejak hari pertama dengan konsentrasi awal 81,00 mg NH_4^+ -N/L menjadi 63,69 mg NH_4^+ -N/L. Namun dibandingkan dengan reaktor B₁ jelas terlihat perbedaan penurunan yang signifikan terjadi di reaktor B₂, ini disebabkan oleh perbedaan variasi sumber karbon. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bakteri pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada hari ke-tujuh mencapai 11,62 mg NO_2^- -N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah di lakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,85 mg NH_4^+ -N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 17,31 mg NH_4^+ -N/l.hari yang terjadi pada hari ke pertama. Selain itu, efisiensi

penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 101 %.

Terjadi ketidakseimbangan pada konsentrasi nitrat sebagai produk akhir dari proses nitrifikasi dengan konsentrasi ammonium pada awal tahap *running*. Hal ini menunjukkan adanya nitrogen yang hilang karena konsumsi unsur nitrogen oleh bakteri untuk sintesis organ tubuh bakteri atau keberadaan bakteri denitrifikasi yang tercampur dalam sedimen. Proses denitrifikasi dapat berlangsung pada kondisi aerob dengan bakteri heterotrof yang terdapat pada proses nitrifikasi. *Nitrosomonas europaea* merupakan bakteri nitrifikasi yang menggunakan nitrit sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi ammonium dan mereduksi nitrit serta nitrat menjadi gas nitrogen dalam kondisi anaerob. Pada kondisi aerobik, bakteri ini akan menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron (Tchobanoglous *et al*, 2003).

Sehingga dapat ditarik kesimpulan, berdasarkan variasi metode pengeringan dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh pengeringan di bawah sinar lampu tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap mikroorganisme pengoksidasi ammonium, sehingga pengeringan hanya berpengaruh terhadap laju dan waktu pengeringan serta intensitas cahaya dan suhu di bawah lampu lebih relatif stabil dibandingkan sinar matahari, namun pemakaian lampu listrik lebih mmakai banyak biaya produksi. Untuk melihat hasil yang lebih baik, diperlukan penelitian yang lebih lanjut. Jika di lihat berdasarkan metode variasi sumber karbon, lumayan terlihat perbedaan antara B₁ dengan B₂ yaitu reaktor yang menggunakan CaCO₃ sebagai sumber karbon, bioaktivator lebih cepat mengoksidasi ammonium sehingga reaksi nitrifikasi berjalan dengan cepat dan lebih baik dibandingkan dengan sumber karbon NaHCO₃,

Berdasarkan analisa dan hasil penelitian pada reaktor C₁, sama hal nya dengan reaktor A dan B yaitu konsentrasi ammonium sudah mengalami penurunan sejak hari pertama yaitu dengan konsentrasi awal 81,00 mg NH₄⁺-N/L menjadi 53,22 NH₄⁺-N/L. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bakteri pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada hari ke-delapan mencapai 8,40 mg NO₂⁻N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah di lakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,72 mg NH₄⁺-N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 27,78 mg NH₄⁺-N/l.hari yang terjadi pada hari pertama. Selain itu, efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 98,88%.

Sedangkan pada reaktor C₂, sama hal nya yaitu konsentrasi ammonium sudah mengalami penurunan sejak hari pertama dengan konsentrasi awal 81,00 mg NH₄⁺-N/L menjadi 63,91 mg NH₄⁺-N/L. Namun dibandingkan dengan reaktor C₁ tidak terlihat perbedaan penurunan yang signifikan terjadi. Penurunan konsentrasi ammonium ini terus terjadi hingga hari ke 14. Penurunan ini diikuti dengan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat. Hal ini menandakan bahwa bakteri pengoksidasi ammonium sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Peningkatan konsentrasi nitrit sudah mulai terjadi pada hari kedua seiring dengan menurunnya konsentrasi ammonium. Akumulasi nitrit terjadi pada

hari ke-sembilan mencapai 12,72 mg NO_2^- -N. Meskipun nilai nitrat berfluktuasi dan terjadi akumulasi nitrit yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bakteri pengoksidasi nitrit sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Setelah di lakukan analisis, di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,81 mg NH_4^+ -N/l.hari dan laju oksidasi ammonium maksimum sebesar 17,90 mg NH_4^+ -N/l.hari yang terjadi pada hari ke pertama. Selain itu, efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 101 %.

Terjadi ketidakseimbangan pada konsentrasi nitrat sebagai produk akhir dari proses nitrifikasi dengan konsentrasi ammonium pada awal tahap *running*. Hal ini menunjukkan adanya nitrogen yang hilang karena konsumsi unsur nitrogen oleh bakteri untuk sintesis organ tubuh bakteri atau keberadaan bakteri denitrifikasi yang tercampur dalam sedimen. Proses denitrifikasi dapat berlangsung pada kondisi aerob dengan bakteri heterotrof yang terdapat pada proses nitrifikasi. *Nitrosomonas europaea* merupakan bakteri nitrifikasi yang menggunakan nitrit sebagai akseptor elektron untuk mengoksidasi ammonium dan mereduksi nitrit serta nitrat menjadi gas nitrogen dalam kondisi anaerob. Pada kondisi aerobik, bakteri ini akan menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron (Tchobanoglous *et al*, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1.a. Pengaruh variasi sumber karbon terhadap pengaktifan biokativator sangat jelas terlihat perbedaannya. Pada Reaktor A1 dan A2 terlihat perbedaan laju oksidasi ammonium rata-rata yaitu A1 sebesar 5,74 mg NH_4^+ -N/l.hari dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari

pertama hingga ke 14 sebesar 99.29 %, Sedangkan pada reaktor A2 Setelah di lakukan analisis, di dapat nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,75 mg NH_4^+ -N/l dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 99.33 %.

b. Pengaruh variasi sumber karbon terhadap pengaktifan biokativator sangat jelas terlihat perbedaannya. Pada Reaktor B1 dan B2 terlihat perbedaan laju oksidasi ammonium rata-rata yaitu A1 sebesar 5,74 mg NH_4^+ -N/l.hari dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 99.29 %, Sedangkan pada reaktor A2 di dapat nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,85 mg NH_4^+ -N/l dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 101 %.

c. Pengaruh variasi sumber karbon terhadap pengaktifan biokativator sangat jelas terlihat perbedaannya. Pada Reaktor C1 dan C2 terlihat perbedaan laju oksidasi ammonium rata-rata yaitu C1 5,75 mg NH_4^+ -N/l hari dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 98,88%. Sedangkan pada reaktor C2 di dapat bahwa nilai laju oksidasi Ammonium rata-rata sebesar 5,81 mg NH_4^+ -N/l.hari dan efisiensi penyisihan ammonium yang dicapai sejak hari pertama hingga ke 14 sebesar 101 %. Dapat di tarik kesimpulan bahwa sumber karbon CaCO_3 lebih efektif dibandingkan NaHCO_3 .

2. Berdasarkan Variasi Metode Pengeringan, tidak di buktikan adanya pengaruh terhadap bioaktivator. Pengeringan ini hanya berpengaruh terhadap laju dan lama waktu pengeringan. namun untuk membuktikan lagi diperlukan penelitian lebih lanjut.



Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya:

1. Selalu melakukan pengontrolan terhadap debit yang masuk pada tiap reaktor agar waktu detensi tidak berubah
2. Lebih teliti dalam pembuatan limbah artifisial untuk mendapatkan konsentrasi limbah sesuai yang diinginkan
3. Menghindari kontak langsung bakteri dengan sinar matahari atau hujan, mengingat bakteri nitrifikasi sangat sensitif serta menghindari tumbuhnya alga

Tri Suarbawa, et all. 2013. *Anaerob Fixed Bed Reaktor Untuk Menurunkan COD, Fosfat (PO_4) Dan Deterjen (Las)* (skripsi). Jatim: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, UPN.

Baikun Li, Karl Scheible, and Micheal Curtis. 2011. *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*. Water Environment Research Foundation. Now York State Energi Research And Development Authority.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta : Kanisius.
- Sakti, A. (2005) *Menuntaskan pengenalan Alat-alat dan Sistem Pengolahan Air Limbah*. Penerbit, Universitas Indonesia.
- Siregar, Charles. JP. (2004) *Farmasi Rumah Sakit Teori & Penerapannya*. Jakarta : EGC
- Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung : Alfabeta.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. (2003). "Waste Water Engineering: Treatment and Reuse". Metcalf & Eddy Inc., New York.
- Goh Chin Ping (2008), Steve menyebutkan bahwa sistem biomassa terlekat memiliki aktivitas mikroorganisme yang lebih baik dibandingkan dengan sistem biomassa tersuspensi.
- Khardenavis, A, A., A. Kapley, H. J. Purohit. 2009. Processing of poultry feathers by alkaline keratin hydrolyzing enzyme from *Serratia* sp. HPC 1383. Waste Manage. 29:1409–1415.