

Pertumbuhan Bakteri *Anaerobic Ammonia Oxidation* (Anammox) Pada Salinitas 2 dan 9 Persen

WIJANARKA¹, SUDARNO², NOVI ALVITA PRATAMA¹

¹) Departemen Biologi, Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia.

²) PS. Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Diterima: 30 Agustus 2017 - Disetujui: 12 Oktober 2017

© 2017 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih

ABSTRACT

When ammonia in waste water is lost inappropriately, it will raise an adverse environmental effect for the aquatic cycle. Anammox, anaerobic ammonia oxidation, is a novel process in which nitrite is used as an electron acceptor in the conversion of ammonium to nitrogen gas. The anammox process removes ammonium in the autotrophic system by leaving little biomass. This study aims to analyze the effect of salinity on the growth of anammox bacteria. The samples used were from the brackish water sediments of the East Flood Canal River of Semarang. The isolation was done by gram staining and the bacteria were inoculated on media with different salinity concentration and the growth was measured using spectrophotometer. The results showed that anammox bacteria had a higher growth rate of 3% (control) when it was grown on a medium with a concentration of 9%. Anammox bacteria grown on anammox selective media showed that the bacteria were able to adapt to environments with different salinity concentrations of 2% and 9%.

Key words: anammox, ammonium, nitrogen, anammox bacteria.

PENDAHULUAN

Limbah merupakan suatu substrat sisa atau buangan yang mengandung potensi untuk mencemari lingkungan. Menurut Djatmiko *et al.* (2000), limbah adalah bahan sisa pada suatu kegiatan atau proses produksi yang secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak atau mencemari lingkungan hidup dan membahayakan kesehatan manusia. Limbah dapat berupa limbah rumah tangga, limbah pabrik dan/atau limbah pertanian yang menggunakan pestisida (Reible, 1998; Chandra, 2006). Limbah dapat berbentuk cair, padat maupun gas. Air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari

rumah tangga, industri dan tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan (Odum, 1971; Chandra, 2006).

Limbah yang mengandung sejumlah besar senyawa nitrogen tidak diizinkan dibuang ke lingkungan secara langsung karena akan berdampak sangat tidak baik terhadap ekologi dan kesehatan manusia, misalnya limbah cair dari industri yang terbuang ke laut. Hal ini berdampak mengganggu ekosistem di laut (Djoko, 2004; Chandra, 2006). Berbagai metode dengan peralatan yang moderen digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah agar tidak mencemari lingkungan (Nybakken, 1992). Dalam pengolahan limbah, nitrogen merupakan unsur yang menjadi parameter tingkat pencemaran terhadap lingkungan. Untuk mengatasinya, secara konvensional digunakan teknologi nitrifikasi dan denitrifikasi. Namun proses pengolahan limbah

* Alamat korespondensi:

Departemen Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang.
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah
50275. e-mail : wikasmara@yahoo.co.id

untuk mengkonversi senyawa nitrogen ini membutuhkan biaya dan energi yang sangat banyak, operasi yang rumit, dan ketahanan lingkungan (van de Graaf et al., 1997; van loosdrecht & Jetten, 1998; Jawetz et al., 2004).

Amonia dalam air limbah jika hilang tidak tepat memiliki efek lingkungan yang merugikan untuk siklus perairan. Hal ini dapat menyebabkan eutrofikasi dan memiliki efek toksik yang merugikan organisme perairan. Selama dekade terakhir, banyak upaya telah dilakukan untuk menyelidiki mekanisme mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk Anammox (*anaerobic ammonia oxidation*). Selain itu, penerapannya dalam pengolahan air limbah didorong ke depan secara dramatis (Zhang et al., 2008).

Kandungan garam yang tinggi pada air limbah menghasilkan suatu tekanan osmosis negatif pada sitoplasma. Jika bakteri yang habitatnya pada air tawar ditempatkan pada air dengan salinitas tinggi, maka air dalam sitoplasma akan keluar melalui membran sel, akibat perbedaan tekanan osmosis di dalam dan di luar sel. Mekanisme ini menghasilkan kondisi kering dalam sel dan akhirnya sel akan mati. Diperlukan jenis bakteri khusus yang dapat menyeimbangkan tekanan osmosis akibat kandungan garam yang tinggi ini. Bakteri jenis ini dapat ditemukan di habitat asin alami seperti air laut ataupun sedimen di laut. Bakteri tersebut sangat mungkin dapat mendegradasi nutrisi. Dalam hal ini nitrogen pada air limbah yang salinitasnya tinggi.

Penyisihan senyawa nitrogen secara biologis dari air limbah melibatkan metode nitrifikasi dan denitrifikasi yang dibutuhkan pada siklus nitrogen. Proses oksidasi amonium anaerobik (anammox) adalah sebuah alternatif penghilangan nitrogen yang berkelanjutan dan hemat biaya alternatif untuk denitrifikasi nitrifikasi konvensional proses untuk menghilangkan nitrogen khususnya, untuk air limbah dengan kekurangan organik (Murder et al., 1995). Hal ini mikroba yang bertanggung jawab dan berperan penting pada proses anammox adalah bakteri anammox.

Bakteri nitrifikasi memerlukan suplai oksigen dan karbondioksida yang cukup untuk

mengoksidasi amonium dan nitrit (Jetten et al., 2001; Kartal et al., 2007) sedangkan bakteri denitrifikasi perlu tambahan senyawa organik sebagai sumber karbon dan sumber energi untuk pertumbuhan dan aktivitasnya (Madigan et al., 2009). Bakteri tersebut dapat disebut dengan bakteri anammox. Anammox adalah suatu proses baru dimana nitrit digunakan sebagai asektor elektron dalam konversi amonium menjadi gas nitrogen. Proses anammox menghilangkan amonium dalam sistem autotrop dengan meninggalkan sedikit biomassa. Karbon organik tidak dibutuhkan dalam sistem ini karena amonium digunakan sebagai donor elektron dalam reduksi nitrit (Karthikeyan & Joseph, 2009). Oksidasi amonia anaerob merupakan salah satu teknologi alternatif yang digunakan dalam proses pengolahan limbah terutama yang berkaitan dengan nitrogen. Oksidasi amonia dapat dilangsungkan secara aerob dan anaerob dan terdapat beberapa agen bakteri yang memiliki kemampuan oksidasi ammonia. Suatu penelitian mencari berbagai kemungkinan dari penerapan proses anammox terhadap pengaruh budidaya perairan, salah satu dari kuncinya adalah faktor toleransi garam pada populasi mikroba. Penelitian ini lebih memfokuskan pada pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan bakteri anammox pada konsentrasi garam 2 % dan 9 %.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan meliputi sampel sedimen dan air permukaan Sungai Banjir Kanal Timur, media anammox cair, media anammox agar, dan NaCl. Cara kerja dalam kerja praktik ini terbagi menjadi beberapa tahap.

Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat dengan sterilisasi panas basah menggunakan autoklaf. Alat yang disterilisasi meliputi cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer, pipet tetes, gelas beker, gelas ukur, dan tip. Sterilisasi ini dilakukan selama 20 menit dalam temperatur 121 °C dan tekanan 2 atm.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan satu hari sebelum penanaman di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang yang meliputi sampel sedimen dan air permukaan.

Pembuatan Media Anammox

Media anammox dibuat dengan cara mencampurkan komposisi media antara lain NaNO_3 0,088 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,067 g, KNO_3 0,018 g, KHCO_3 0,45 g, KH_2PO_4 0,009 g, MgSO_4 0,072 g, FeSO_4 0,00225 g, CaCl_2 0,108 g, dan EDTA 0,00225 g dengan 360 ml air dalam gelas beker, diaduk hingga larut kemudian dituangkan pada 2 erlenmeyer berukuran 100 ml dengan volume masing-masing 25 ml untuk media anammox cair. Media agar anammox dibuat dengan mencampurkan 180 ml media anammox cair dengan 5,4 g bacto agar pada erlenmeyer berukuran 250 ml, diaduk hingga larut menggunakan pengaduk kemudian dipanaskan hingga homogen dengan penangas. Bibir erlenmeyer ditutup dengan kapas, kertas dan diikat dengan karet. Media tersebut kemudian disterilkan dalam autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit.

Inokulasi Sampel ke Media

Sampel sedimen dan air permukaan diinokulasikan pada erlenmeyer berisi media anammox cair 25 ml. Sampel air permukaan dimasukkan dalam erlenmeyer 100 ml menggunakan mikropipet. Kemudian ditumbuhkan selama 24-48 jam pada *rotary shaker* dengan kecepatan 90 rpm. Langkah selanjutnya diinokulasi pada media agar anammox pada cawan petri lalu diinkubasi selama 48 jam dalam inkubator.

Isolasi

Media anammox agar pada erlenmeyer dituang ke dua cawan petri secara teknik aseptis. Isolasi dilakukan dengan menumbuhkan bakteri dari sampel sedimen dan air permukaan yang tumbuh pada erlenmeyer ke media anammox agar. Bakteri diambil menggunakan jarum ose bulat kemudian digoreskan pada media

anammox agar dalam cawan petri secara aseptis. Cawan petri dibungkus menggunakan kertas yang kemudian diinkubasi selama 48 jam pada inkubator.

Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram dilakukan dengan mewarnai bakteri menggunakan empat cat yang berbeda. Kaca preparat dibersihkan dengan kapas menggunakan alkohol, kemudian diberi aquades steril sebanyak satu tetes. Biakan bakteri diambil kemudian diratakan diatas kaca preparat. Kaca preparat di fiksasi dilewatkan diatas api bunsen, kemudian didiamkan selama satu menit. Larutan Gram A (*crystal violet*) diteteskan di atas bakteri sebanyak satu tetes, kemudian didiamkan selama satu menit lalu dicuci dengan air mengalir. Preparat ditetesi dengan larutan Gram B (*iodine*) sebanyak satu tetes kemudian didiamkan selama satu menit lalu dicuci dengan air mengalir. Preparat kemudian dicuci menggunakan larutan Gram C (*alcohol*) dengan posisi miring, sehingga larutan Gram C mengalir melewati kaca preparat. Preparat ditetesi dengan larutan Gram D (*safranin*) sebanyak satu tetes dan didiamkan selama satu menit lalu dicuci menggunakan air mengalir dan dikeringkan. Hasil pewarnaan Gram diamati menggunakan mikroskop.

Pengujian Pengaruh Salinitas

Pembuatan media anammox. Pembuatan media anammox dilakukan secara aseptis. Sebanyak 360 ml media anammox cair dipindahkan ke dua erlenmeyer yang sudah berisi NaCl berbeda dengan volume masing-masing sebesar 47,25 ml. Kemudian diaduk dan dilarutkan. Erlenmeyer I dengan konsentrasi 2% mengandung 0,945 g, erlenmeyer II dengan konsentrasi 3% mengandung 1,417 g dan erlenmeyer III dengan konsentrasi 9% mengandung 4,252 gr. Langkah selanjutnya dibuat media untuk starter yaitu diambil 2,25 ml dari erlenmeyer I dipindahkan ke tabung reaksi I, diambil 2,25 ml dari erlenmeyer II dipindahkan ke tabung reaksi II, dan diambil 2,25 ml dari erlenmeyer III dipindahkan ke tabung reaksi III. Tabung reaksi ditutup menggunakan kapas dan kertas lalu diikat dengan karet.

Media agar anammox dibuat dengan melarutkan 5,4 g bacto agar dalam 360 ml media anammox cair. Kemudian dipindahkan ke tiga erlenmeyer dengan volume masing-masing 50 ml. Erlenmeyer I dengan konsentrasi 2% mengandung 1 g, erlenmeyer II dengan konsentrasi 3% mengandung 1,5 g dan erlenmeyer III dengan konsentrasi 9% mengandung 4,5 g. Masing-masing erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan kertas lalu diikat dengan karet. Langkah selanjutnya dilakukan sterilisasi alat dan bahan pada autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit.

Inokulasi bakteri untuk starter. Bakteri hasil isolasi diinokulasikan pada tiga tabung reaksi yang berisi media anammox cair menggunakan jarum ose, lalu ditumbuhkan selama 24 jam pada rotary shaker.

Inokulasi bakteri pada strater ke erlenmeyer. Starter telah ditumbuhkan selama 24 jam, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer sesuai dengan urutannya. Tabung reaksi I ke erlenmeyer I yang mengandung konsentrasi NaCl 2%, tabung reaksi II ke erlenmeyer II dengan konsentrasi NaCl 3%, dan tabung reaksi III ke erlenmeyer III dengan konsentrasi NaCl 9% lalu ditumbuhkan pada rotary shaker.

Pengukuran nilai Optical Density (OD). Sebelum dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Spektrofotometer disambungkan ke sumber listrik, ditekan tombol on, diatur panjang gelombangnya yaitu 560 nm kemudian ditunggu selama 15 menit untuk pemanasan. Tombol Transmitan (T) ditekan. Cuvet diisi dengan larutan blanko yaitu media anammox cair sebanyak 2 ml menggunakan mikropipet dan tip steril, di lap atau dibersihkan bagian luar cuvet kemudian masukkan ke tempat cuvet pada spektrofotometer hingga menyentuh dasar, ditutup kemudian ditekan tombol zero untuk konsentrasi 0. Cuvet diambil, dicuci dan selanjutnya dilakukan pengukuran sampel bakteri anammox.

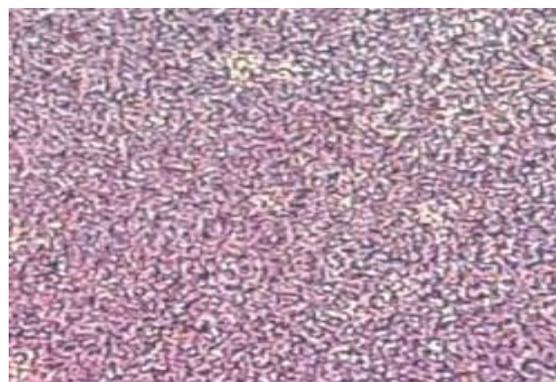
Nilai OD dihitung pada 0 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Sampel diambil 2 ml menggunakan mikropipet dan tip steril, dipindah ke botol film kemudian dimasukkan ke cuvet, diukur nilai OD menggunakan spektrofoto-

meter dengan panjang gelombang 560 nm. Tombol yang ditekan yaitu tombol transmitan (T). Angka akan muncul pada layar monitor dan dicatat hasilnya kemudian dibuat grafik pertumbuhan dari masing-masing konsentrasi yaitu 2%, 3% dan 9%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

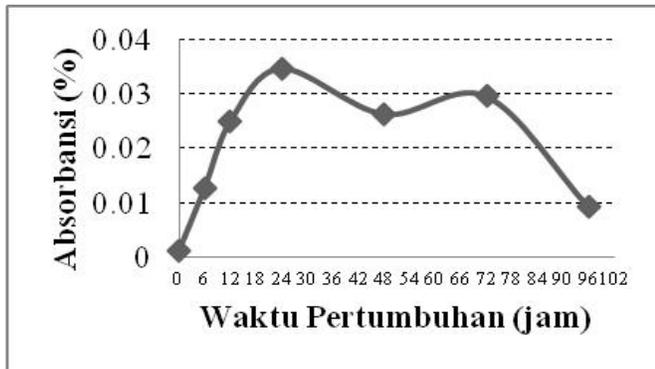
Hasil Penelitian

Hasil pengamatan pewarnaan Gram pada pewarnaan sampel bakteri Anammox menunjukkan bahwa isolat tersebut merupakan bakteri Gram positif yang ditandai dengan warna ungu dan tampak sekilas bentuk selnya adalah basil atau batang. Namun setelah diteliti lebih lanjut, bentuk sel tersebut ialah kokus atau bulat. Hal ini terjadi karena saat pengamatan menggunakan mikroskop perbesaran 400 kali tidak menggunakan minyak imersi sehingga hasil yang didapatkan kurang jelas.

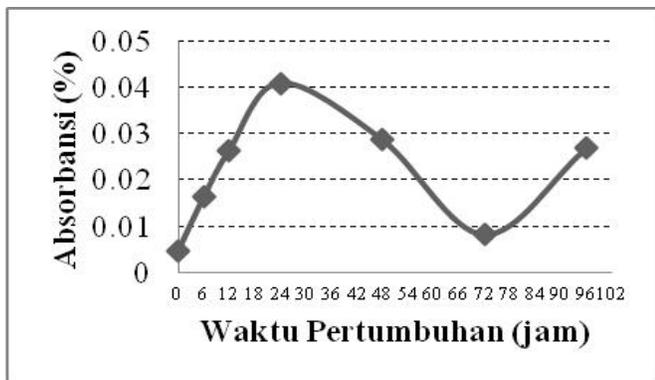


Gambar 1. Hasil pewarnaan Gram (Dokumentasi Pribadi, 2016).

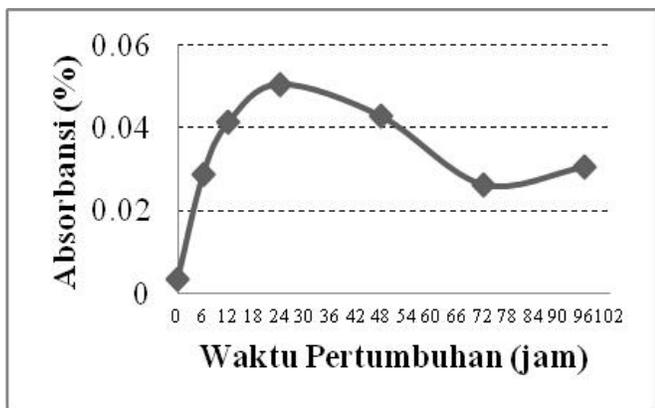
Kegagalan identifikasi isolat bakteri dikarenakan beberapa kemungkinan antara lain isolat yang diuji belum murni sehingga hasil reaksi yang diperoleh tidak valid. Hal ini menyulitkan dalam penggunaan kunci identifikasi. Menurut Gopireddy (2011), ketika gagal mengidentifikasi isolat, hal yang perlu diperiksa antara lain (a) kemurniannya, (b) kesesuaian tes yang telah dilakukan, (c) metode yang digunakan tepat, dan (d) menggunakan berbagai kunci dan tabel identifikasi manual dengan benar. Penyebab



Gambar 2. Pertumbuhan bakteri Anammox pada konsentrasi salinitas 2%.



Gambar 3. Pertumbuhan bakteri Anammox pada konsentrasi salinitas 3%.



Gambar 4. Pertumbuhan bakteri Anammox pada konsentrasi salinitas 9%.

paling sering dari kesalahan identitas bakteri adalah kesalahan dalam penentuan bentuk, reaksi pewarnaan Gram, dan motilitas serta kontaminasi dari mikroorganisme lain.

Bakteri anammox berbentuk *cocci* atau bulat biasanya berukuran kurang dari 1 μm dan waktu

generasinya 10-30 hari. Mereka termasuk dalam ordo Planctomycetes dan oleh karena itu tergolong *chemolithoautotroph anaerobic* (Hertach, 2008). Sejauh ini semua percobaan kultur murni bakteri anammox gagal karena sangat kesulitan untuk mengisolasi. Sehingga, hanya ada cara pengkayaan kultur (*enrichment cultures*) yang tersedia dan semua yang kita ketahui tentang bakteri anammox diperoleh kultur dengan cara itu (Hertach, 2008). Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa sampel bakteri memiliki warna ungu sehingga digolongkan bakteri gram positif. Hal ini berbeda dengan pendapat Sheela & Beebi (2014) yang menyebutkan bahwa bakteri Anammox yang berasal dari air limbah tergolong ke dalam bakteri gram negatif, namun dalam penelitian ini bakteri Anammox yang didapat berasal dari daerah air payau yang tergolong sudah mengandung salinitas cukup tinggi.

Pengujian selanjutnya ditumbuhkan pada media dengan konsentrasi NaCl yang berbeda yaitu 2% dan 9% kemudian diukur pertumbuhannya dengan mengukur OD menggunakan spektrofotometer.

Kurva pertumbuhan bakteri anammox pada konsentrasi salinitas 2% menunjukkan fase eksponensial pada jam ke-24 dengan nilai absorbansi sebesar 0,034%. Kurva pertumbuhan bakteri anammox dengan konsentrasi salinitas 3% sebagai konsentrasi kontrol menunjukkan fase eksponensial dengan nilai absorbansi sebesar 0,04%, sedangkan kurva pertumbuhan bakteri anammox dengan konsentrasi salinitas 9% menunjukkan fase eksponensial dengan nilai absorbansi sebesar 0,05%. Hasil pertumbuhan bakteri anammox menunjukkan yang lebih dapat beradaptasi dengan lingkungan dan mengalami pertumbuhan signifikan dari konsentrasi kontrol (3%) adalah pada konsentrasi salinitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 9%. Semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula fase eksponensialnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Kartal *et al.*, (2006), bahwa bakteri anammox air tawar mampu beradaptasi pada konsentrasi NaCl sebesar 30 g/L. Hal ini karena sampel yang diteliti oleh Kartal *et al.* (2006), berasal dari habitat air tawar, sedangkan pada penelitian ini meng-

gunakan air payau yang sebagian besar didominasi air laut sehingga sudah memiliki kadar salinitas yang cukup tinggi.

Hasil dari masing-masing kurva pertumbuhan pada bakteri anammox tersebut menunjukkan kurva pertumbuhan sigmoid. Perubahan kemiringan menunjukkan transisi dari satu fase perkembangan ke fase lainnya. Di antara setiap fase terdapat suatu periode peralihan dimana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase yang baru. Hal ini didukung oleh pendapat Brock & Madigan (1991), bahwa fase lag merupakan fase adaptasi bakteri dengan lingkungannya dimana belum terjadi penambahan populasi, tetapi sel mengalami perubahan dalam komponen makromolekul, aktivitas metabolik, dan bertambahnya ukuran sel. Fase eksponensial selnya telah mengalami proses metabolisme yang aktif untuk pemenuhan nutrisi dan pembelahan sel. Pertumbuhan bakteri sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi pada media pertumbuhannya. Perubahan jumlah nutrisi akan memperlambat proses pertumbuhan pada rentang waktu tertentu. Keadaan seperti ini merupakan fase stasioner dimana jumlah sel yang hidup sama dengan jumlah sel yang mati atau dimana konsentrasi sel maksimal. Fase terakhir ialah fase kematian atau penurunan populasi yang menunjukkan bahwa lebih banyak jumlah sel yang mati. Menurut Wang *et al.* (1979) menyatakan bahwa saat terjadinya penurunan jumlah sel hidup, maka terjadilah lisis sel sehingga massa sel menurun. Produk-produk lisis sel dalam media memungkinkan terjadinya periode pertumbuhan sekunder yang disebut fase pertumbuhan kriptik (*cryptic*). Hal ini dapat ditunjukkan pada kurva pada konsentrasi 2% pada jam ke 54-66.

Menurut Samekto (2009), bakteri anammox tumbuh secara lambat. Waktu generasinya di laboratorium dalam kondisi optimum adalah 11 hari dan dalam rata-rata 2-3 minggu. Hasil biomasnya adalah 0,07 C-mol per mol ammonium teroksidasi dengan pembebasan energi; ini sangat irit. Sepertinya efisiensi ini yang menyebabkan pertumbuhan yang lambat. Alasan yang sebenarnya adalah kecepatan konversi substrat yang rendah. Optimum temperatur telah

diamati dalam berbagai habitat yang berbeda. Dalam pengelolaan limbah cair, optimum temperatur sebesar 37 °C. Di bawah kondisi lingkungan alam, optimum temperatur lebih rendah.

Hal ini didukung oleh pendapat Jetten *et al.* (2005) dan Kimura *et al.* (2009) bahwa mikroorganisme anammox memiliki organel prokariotik yang unik yang disebut anammoxosom yang mengandung hidrazine oksidoreduktase sebagai protein utama untuk menggabungkan nitrit dan ammonium dalam satu mode. Anammoxosom berlaku sebagai pusat respirasi pada bakteri anammox, sebagai mitokondria pada eukaryot. Organel unik ini dikelilingi oleh lipid laderane dan ditempatkan pada pertengahan sel dimana terhitung 30% dari volume sel. Bentuk sel anammox adalah kokus atau bergerigi tidak teratur. Waktu penggandaan bakteri anammox berlangsung lama yang dipercaya dikarenakan organisme menurun aktivitas metabolisme karena konsentrasi ammonium dan nitrit yang rendah dalam habitat alaminya. Karakteristik fisiologi penting lainnya seperti pH dan suhu untuk pertumbuhan optimal pada range 6,5-9,0 dan 20°-45°C (Kartal *et al.*, 2012). Bakteri anammox pertama kali diyakini anaerob obligat (Strous *et al.*, 1998; 1999), namun studi terbaru menunjukkan bahwa beberapa spesies anammox dapat toleran pada keadaan oksigen yang terlarut (Kartal *et al.*, 2012).

Selama dekade terakhir, beberapa penelitian dalam pengujian pengaruh penghambatan salinitas pada proses anammox telah dilaporkan oleh Kartal *et al.* (2012) dimana mereka melakukan penelitian lebih dari 400 hari dan keduanya konsentrasi garam dan nitrogen meningkat bertahap ketika penghilangan nitrogen telah mencapai penghilangan lengkap dan populasi anammox air tawar dapat beradaptasi hingga konsentrasi NaCl 30 g/L.

Bakteri yang hadir dalam lingkungan tanpa atau dengan kadar salinitas yang rendah, akan memiliki daya difusi air ke dalam sel (Egli *et al.*, 2001; Madigan *et al.*, 2009). Hal ini dikarenakan tekanan osmotik yang disebabkan oleh tingginya konsentrasi cairan dalam sitoplasma sel (Madigan

et al., 2009). Konsentrasi komponen anorganik yang lebih tinggi dalam lingkungan akan meningkatkan tekanan osmotik, menghasilkan sebuah difusi berbalik dari cairan intraseluler keluar sel. Hal ini membuat keseimbangan air dalam sel negatif dan mengalami dehidrasi. Sel yang kering akan kehilangan aktivitasnya dan akhirnya mati atau tidak tumbuh (Lay *et al.*, 2010).

Proses anaerobic amonium oxidation (anammox) menurut Arrigo (2005), Fux *et al.* (2002), dan Doran (1995) terjadi pada tingkat yang besar pada perairan dengan oksigen terbatas, dimana denitrifikasi telah diperkirakan secara konvensional pada kehilangan senyawa N. Metabolisme autotrof ini menggabungkan amonium dengan nitrit untuk membentuk gas dinitrogen (N₂) yang sebagian besar hilang dari sistem. Peran mereka dalam siklus nitrogen di laut menjadi lebih jelas, anammox dapat mencapai 40% kehilangan N dalam lingkungan laut dengan oksigen rendah.

KESIMPULAN

Bakteri Anammox adalah bakteri yang mengoksidasi amonium menjadi gas nitrogen menggunakan nitrit sebagai aseptor elektron dalam kondisi oksigen yang rendah. Bakteri anammox dari sampel sedimen Sungai Banjir Kanal Timur Semarang memiliki kandungan salinitas sebesar 3% garam. Bakteri anammox yang ditumbuhkan pada media selektif anammox menunjukkan bakteri tersebut mampu beradaptasi pada lingkungan dengan konsentrasi salinitas yang berbeda yaitu 2% dan 9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrigo, K.R. 2005. Marine microorganisms and global nutrient cycles. *Nature*. 437(7057): 349–355.
- Brock, T.D., and M.T. Madigan. 1991. *Biology of microorganisms*. Prentice-Hall International, Inc. San Fransisco.
- Chandra, B. 2006. *Pengantar kesehatan lingkungan*. Penerbit EGC. Jakarta.
- Djarmiko, Margono dan Wahyono. 2000. *Pendayagunaan industrial waste management: kajian hukum lingkungan Indonesia*. PT Citra Aditya Bakti. Jakarta.
- Djoko, R. 2004. *Laut nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Doran, P.M. 1995. *Bioprocess engineering principles*. Academic Press. San Diego.
- Egli, K., U. Fanger, P.J.J. Alvarez, H. Siegrist, J.R. van der Meer, and A.J.B. Zehnder. 2001. Enrichment and characterization of an anammox bacterium from a rotating biological contactor treating ammonium rich leachate. *Archive of Microbiology*. (175): 198-207.
- Fux, C., Boehler, M., Huber, P., Brunner, I., and Siegrist, H. 2002. Biological treatment of ammonium-rich wastewater by partial nitrification and subsequent anaerobic ammonium oxidation (Anammox) in A pilot plant. *Journal of Biotechnology* 99(3): 295-306.
- Gopireddy, V.R. 2011. Biochemical tests for the identification of bacteria. *International Journal of Pharmacy and Technology* 3(4): 1536-1555.
- Hertach, M. 2008. Anaerobic ammonium oxidation (Anammox) - a new sink in the marine nitrogen cycle. *Hiltdastrasse*. (4): 16.
- Jawetz, Melnick, and Adelberg's. 2004. *Mikrobiologi kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jetten, M.S.M., M. Wagner, J. Fuerst, M. van Loosdrecht, G. Kuenen, and M. Strous. 2001. Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation process. *Current opinion in biotechnology*. 12(3): 283–288.
- Kartal, B., M. Koleva, R. Arsov, W. van der Star, M. Jetten, and M. Strous. 2006. Adaptation of a freshwater anammox population to high salinity wastewater. *Journal of Biotechnology*. 126(4): 546–553.
- Kartal, B., J. Rattray, L.A. van Niftrik, J. van de Vossenberg, M.C. Schmid, R.I. Webb, S. Schouten, J.A. Fuerst, J.S. Damsté, M.S.M. Jetten, and M. Strous. 2007. Candidatus “*anammoxoglobus propionicus*” A new propionate oxidizing species of anaerobic ammonium oxidizing bacteria. *Systematic and Applied Microbiology*. 30(1): 39-49.
- Kartal, B., L. van Niftrik, J. Keltjens, H. Op den Camp, and M. Jetten. 2012. Anammox-growth physiology, cell biology, and metabolism. *Advances in Microbial Physiology*. 60: 211–262.
- Karthikeyan, O.P. dan K. Joseph. 2009. “ANAMMOX” A novel process for nitrogen management in bioreactor Landfills– A review. Centre for Environmental Studies, Anna University, Chennai.
- Kimura, B., Y. Konagaya and T. Fuji. 2009. Characterization of anaerobic ammonium oxidatiob (Anammox) bacteria from local wastewater treatment plant. [*Skripsi*]. Universitas Malaysia. Malaysia.
- Lay, W., Y. Liu, and A. Fane. 2010. Impacts of Salinity on the performance of high retention membrane bioreactors for water reclamation: A review. *Water Research*. 44(1): 21–40.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, and J. Parker. 2009. *Biology of microorganisms*. Pearson, San Francisco.
- Mulder A., A.A. van de Graff, L.A. Robertson and J.G. Kuenen. 1995. Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbial Ecology*. (16): 177-184.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi laut suatu pendekatan ekologis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Odom, E.P. 1971. *Fundamental of ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Penton, C.R., A.H. Devol, and J.M. Tiedje. 2006. Molecular evidence for the broad distribution of anaerobic ammonium-oxidizing bacteria in freshwater and marine sediments. *Applied and Enviromental Microbiology*. 72(10): 6829–6832.

- Reible, D. 1998. *Fundamental of enviromental engineering*. Lewis Publisher. New York.
- Samekto, Riyo. 2009. Anammox: suatu proses baru dalam daur nitrogen yang menawarkan banyak peluang dalam pengelolaan pencemaran air akibat nitrogen. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*. 8(1): 73–86.
- Sheela, B. and K. Beebi. 2014. Bioremediation of ammonia from polluted waste waters. *American Journal of Microbiological Research*. 2(6): 201-210.
- Strous, M., J.J. Heijnen, J.G. Kuenen, and M.S.M. Jetten. 1998. The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*. (50): 589-596.
- Strous, M., J.A. Fuerst, E.H.M.Kramer, S. Logemann, G. Muyzer, K.T. van de Pas-Schoonen, R. Webb, J.G. Kuenen, and M.S.M. Jetten. 1999. Missing lithotroph identified as new planctomycete. *Nature*. 400: 446-449.
- van de Graaf, A.A., P. de Bruijn, L.A. Robertson, M.S.M. Jetten, and J.G. Kuenen. 1997. Metabolic pathway of anaerobic ammonium oxidation on the basis of ¹⁵N studies in a fluidized bed reactor. *Journal Microbiology*. 143(7): 2415-2421.
- van Loosdrecht and M.S.M. Jetten. 1998. Microbiological conversions in nitrogen removal. *Water Science Technology*. 38(1): 1-7.
- Wang, D.I.C., C.L. Cooney, A.L. Demain, P. Dunhill, A.E. Humphrey, and M.D. Lilly. 1979. *Fermentation and enzyme technology*. John Wiley and Sons. New York.
- Zhang L., P. Zheng C. Tang and R. Jin. 2008. Anaerobic ammonium oxidation for treatment of ammonium rich wastewaters– a review. Department of Environmental Engineering, Zhejiang University. China.