

PROFIL PERUBAHAN AMONIUM, NITRIT DAN NITRAT PADA PERCOBAAN CURAH DARI PDAM BOGOR DAN SURABAYA

Hartati Imamuddin

Peneliti di Pusat Penelitian Biologi – LIPI
Jl.Raya Jakarta-Cibinong KM 46 Cibinong

Abstract

Nitrification is often not effective because the characters of nitrifying bacteria is always slow growing and temperature, pH, DO, ammonia concentration, nitrite and C/N ratio as the limited factors. Batch experiment was operated for 6 hours, every half an hours ammonium, nitrite and nitrate were measured.

The results showed that added C source (glucose) in medium from PDAM Bogor and Surabaya have a significant effects of ammonium degradation, nitrite and nitrate production.

Degradation of ammonium in batch reactor from PDAM Bogor showed that both anaerobic and aerobic condition have a different fluctuation. Production of nitrite was stable from the middle of reaction to last of aerobic phase. In aerobic condition nitrate production is reduced to 49,21 % (+ glucose) and 60,87% (+ acetate)

Batch reactor from PDAM Surabaya differ from PDAM Bogor particularly on degradation of ammonium. Added glucose as C source cause the concentration of ammonium was increased and acetate as C source showed stable with a slightly fluctuation. Nitrite and nitrate production relatively small in both C source.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perombakan amonia secara sempurna berlangsung dalam dua tahapan yaitu, amonia menjadi nitrat (nitrifikasi) dan nitrat menjadi N_2 gas (denitrifikasi)¹⁾. Didalam sistem biologis, nitrifikasi seringkali tidak efektif, karena sifat pertumbuhan bakteri nitrifikasi sangat lambat dan sensitif terhadap faktor-faktor lingkungan, seperti suhu, pH, konsentrasi oksigen terlarut (DO), konsentrasi amonia, nitrit dan rasio C/N.

Bakteri yang berperan dalam proses nitrifikasi dan telah banyak dipelajari adalah *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Akhir-akhir

ini dilaporkan bahwa kelompok bakteri lain seperti *Nitrospira*, *Nitrosococcus* merupakan bakteri lain yang mampu melakukan perombakan amonium.

Oksidasi amonia merupakan reaksi pembatas pada proses peruraian nitrogen didalam pengolahan limbah cair. Kuantifikasi hubungan antara kecepatan oksidasi amonia dengan konsentrasi amonia dengan konsentrasi NH_4^+ didalam campuran cairan harus dipertimbangkan untuk keberhasilan desain dan operasi unit pengolahan limbah.

Penghambatan substrat dari oksidasi amonia telah diketahui/dipelajari dalam

berbagai penelitian menggunakan lumpur aktif. Telah dilaporkan juga konsentrasi yang rendah dari amonia bebas ($< 1 \text{ mM}$) toksik terhadap oksidasi amonia²⁾

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh nutrient dan macam sumber lumpur aktif yang berbeda terhadap profil amonium, nitrit dan nitrat.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan

1) Lumpur Aktif yang digunakan

Lumpur aktif diambil dari UPL yang mengolah air minum di Bogor dan Surabaya yang menerapkan sistem anaerobik-aerobik. Lumpur aktif yang diambil berasal dari akhir fase aerob

2) Media yang digunakan untuk mengaklimasi Lumpur aktif dengan komposisi sebagai berikut : 2.5 gram Glukosa dan 2.5 gram Na Asetat sebagai sumber karbon, 0.5 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan 0.5 gram ekstrak khamir sebagai sumber N, 0.25 gram KH_2PO_4 dan 0.25 gram K_2HPO_4 sebagai sumber P, dan sebagai sumber alkali digunakan 0.1 gram KCl, 0.1 gram FeCl_3 , 0.1 gram CaCl_2 dan MnSO_4 .

Nutrient yang digunakan untuk sumber C PDAM Surabaya sebanyak 250 mg/L sumber C berasal dari Sukrosa = 333,24 mg/l dan Glukosa = 250 mg/L dengan perbandingan 6:4, sumber N sebanyak 125 mg = 589,28 mg/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebagai sumber P 2,5 mg = 10,96 mg/L berasal dari KH_2PO_4 dan sebagai sumber alkali 0,25 mg = 2,56 mg/L Mg ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0,25 mg Ca = 0,91 mg/L ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Sedangkan untuk PDAM Bogor pada kondisi anaerobik ditambahkan : 10 ml dari campuran $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

= 58,9 mg/l, KH_2PO_4 = 10,9 mg/l, glucose = 375 mg/l, Natrium acetat = 342 mg/l, MgSO_4 = 2,5 mg/l, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 9.19 mg/l.

3) Metoda aklimatisasi

50 ml lumpur aktif ditambahkan pada 1 liter media. Inkubasi dilakukan dengan sistem aerobik selama 1 minggu, kemudian dihitung MLSSnya ($\text{MLSS} > 3000$) diteruskan secara aerobik dan anaerobic dengan selang waktu satu hari. Pemberian makan dilakukan pada saat akan memasuki periode anaerob. Analisa perubahan ammonium, nitrit dan nitrat dilakukan bersamaan dengan analisa glikogen dan pelepasan fosfat oleh komunitas bakteri dilakukan setelah 3 bulan aklimatisasi.

4) Parameter yang diamati

Pada percobaan curah (batch experiment) PDAM Bogor dan Surabaya dilakukan pengukuran amonium, produksi nitrit dan nitrat

3. HASIL DAN PEMBAHASAAN

3.1. Produksi nitrat, nitrit dan amonium disajikan pada tabel 1

Tabel 1. Produksi nitrat, nitrit dan amonium dalam *batch* reaktor dengan percobaan curah selama 6 jam reaksi dengan sumber karbon (C) utama glukosa dan asetat dari limbah PDAM Bogor.

Pada saat anaerob proses denitrifikasi dengan sumber C utama glukosa dan Asetat (PDAM Bogor) berjalan tidak stabil, dan terjadi akumulasi nitrit pada 2,5 jam reaksi sampai mencapai 518,739 mg/l, hasil ini nampaknya hampir sama dengan percobaan³⁾ Bovell, 1987 yang menggunakan *Pseudomonas perfectomarinus*, dimana terjadi akumulasi nitrit pada saat awal periode anaerobik sebelum pelepasan gas (6 jam reaksi) dan turun setelah 10 jam reaksi. Ketidakstabilan ini bisa juga diakibatkan oleh ketersediaan oksigen dalam

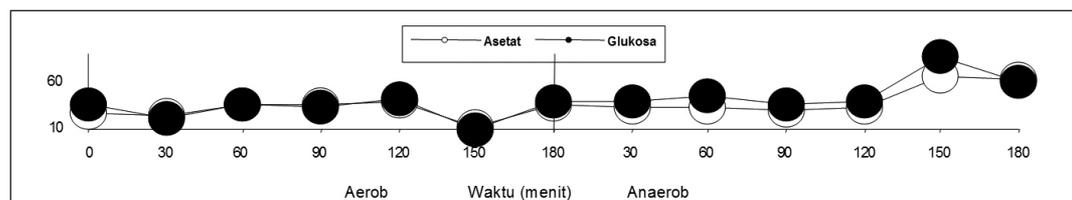
media, temperature yang selalu berubah dan pH yang relatif asam (<6) akan sangat berpengaruh pada proses denitrifikasi. Faktor pembatas yang paling berperan dalam proses denitrifikasi adalah temperatur. Pengaruh temperatur dan lamanya inkubasi sangat berpengaruh pada laju denitrifikasi pernah didemonstrasikan oleh Focht, 1977⁴⁾. Pada saat awal proses aerobik amonium masih stabil tidak ada perubahan demikian juga untuk

produksi nitrit, tetapi nampaknya hanya nitrat yang terlihat turun dan kemudian stabil. Pada 2 jam produksi nitrit turun baik pada percobaan 1 maupun 2.

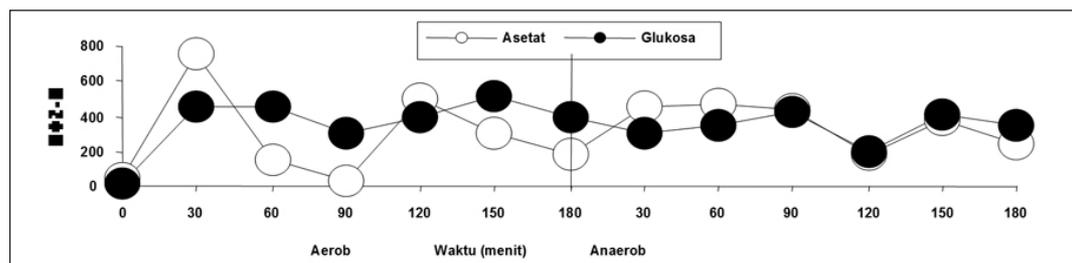
Perlu ditambahkan dengan terbentuknya produksi nitrit dan nitrat yang tinggi dimungkinkan bakteri yang berperan adalah heterotropik nitrifier, karena bakteri tersebut cenderung tumbuh lebih cepat dan relatif tahan terhadap pH asam (<7).⁵⁾

Table1. Produksi nitrat, nitrit dan amonium dalam *batch* reaktor dengan percobaan curah selama 6 jam reaksi dengan sumber karbon (C) utama glukosa dan asetat dari limbah PDAM Bogor

| Waktu | Glukosa | | | Asetat | | | Glucose | pH |
|-------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|-------|
| | Nitrat | Nitrit | Ammonium | Nitrat | Nitrit | Ammonium | | |
| 0 | - | 11,942 | 39,548 | 6.74 | 46.448 | 31.487 | 252,5 | 5,486 |
| 30 | 84,853 | 447,922 | 23,007 | 71.962 | 755.431 | 25.134 | 236,5 | 5,363 |
| 60 | 92,131 | 459,251 | 40,682 | 93.832 | 147.541 | 39.689 | 257,5 | 5,332 |
| 90 | 86,400 | 298,207 | 37,374 | 85.862 | 23.017 | 39.831 | 211,5 | 5,347 |
| 120 | 95,334 | 386,135 | 46,607 | 89.862 | 503.53 | 43.376 | 162,5 | 5,306 |
| 150 | 99,976 | 518,739 | 11,429 | 94.305 | 302.756 | 11.901 | 146,5 | 5,673 |
| 180 | 106,97 | 398,967 | 44,085 | 115.447 | 181.762 | 38.981 | 126,5 | 5,254 |
| 30 | 54,325 | 303,435 | 42,998 | 45.165 | 456.001 | 36.193 | - | 5,609 |
| 60 | 55,579 | 344,789 | 49,047 | 63.474 | 474.538 | 35.626 | 78,5 | 5,329 |
| 90 | 56,097 | 420,830 | 40,068 | 58.626 | 435.565 | 34.019 | 82,5 | 5,382 |
| 120 | 61,582 | 191,743 | 42,478 | 63.569 | 178.91 | 38.319 | 80,5 | 5,355 |
| 150 | 55,421 | 402,769 | 97,582 | 79.919 | 373.302 | 73.338 | 66,5 | 5,300 |
| 180 | 51,033 | 347,636 | 68,045 | 68.417 | 243.074 | 68.896 | 72,5 | 5,388 |



Gambar 1. Profil Perubahan amonium dalam 6 Jam Pada Kondisi aerob dan anaerob



Gambar 2. Profil Nitrit Selama 6 Jam Reaksi Pada Kondisi aerob dan anaerob

3.2. Profil perubahan amonium

Perubahan amonium (gambar 1) menunjukkan bahwa baik pada saat anaerob dan aerob ada fluktuasi yang agak berbeda. Pada saat akhir fase anaerob amonium turun drastis sampai mencapai 71.09 % (sumber C glukosa = percobaan 1) dan 62.22 % (sumber C asetat= percobaan 2). Pada 3 jam reaksi amonium mulai meningkat sampai akhir fase aerobik (5 jam reaksi) konsentrasi ammonium hingga mencapai 97,582 mg/L (percobaan 1) dan 73,338 mg/L (percobaan 2). Naiknya amonium kemungkinan terjadi karena pengaruh pertumbuhan bakteri filamentus⁶⁾

Jadi dapat disimpulkan sementara bahwa penambahan nutrient glukosa maupun asetat tidak memberikan pengaruh yang nyata pada proses degradasi amonium, karena keduanya mempunyai pola yang relatif sama ini sesuai dengan pernyataan⁷⁾⁸⁾. Pada SBR yang dicoba pada penelitian ini lumpur efektif menyerap glukosa dan asetat pada kondisi anaerobik. Ada dua komunitas mikroba yang mampu menggunakan senyawa organik pada kondisi anaerobik di dalam unit pengolahan limbah yaitu kelompok mikroba MPF dan kelompok mikroba pengakumulasi glikogen⁹⁾¹⁰⁾

3.3. Profil perubahan nitrit

Pada profil nitrit dapat dilihat pada gambar 2. Nampaknya profil nitrit agak berbeda antara penambahan glukosa dan asetat, pada percobaan 1 (glukosa) terjadi fluktuasi yang tidak terlalu tinggi, sedangkan pada percobaan 2 terjadi fluktuasi yang relatif tinggi, terutama saat fase anaerobik. Pada percobaan 1 produksi nitrit hampir stabil dari mulai setengah jam reaksi sampai akhir fase aerobik. Produksi nitrit terbesar dicapai pada saat 2,5 jam reaksi (518,739 mg/L) dan terendah terjadi setelah 2 jam reaksi pada fase aerobik hingga mencapai (191,743 mg/l setara dengan 36.8 % dari konsentrasi awal fase aerobik (303,435 mg/L). Pada

percobaan 2 setelah setengah jam reaksi produksi nitrit sangat tinggi (755,431 mg/L), dan pada 1,5 jam reaksi produksi nitrit turun sampai mencapai 23.017 mg/L. Tingginya produksi nitrit hingga mencapai (755,431 mg/L) saat fase anaerobik mungkin disebabkan oleh dominansi bakteri yang hanya mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit saja tapi tidak diikuti oleh keberadaan bakteri yang mampu mereduksi nitrit menjadi gas nitrogen¹⁾. Dan setelah 1,5 jam reaksi keberadaan bakteri pereduksi nitrit semakin dominan sehingga konsentrasi nitrit menjadi turun hingga 96,95%, tetapi keberadaan bakteri tersebut tidak stabil.

3.4. Profil perubahan nitrat

Pada gambar 3 profil perubahan nitrat antara percobaan 1 dan 2 mempunyai fluktuasi yang sama baik pada fase anaerobik maupun aerobik. Produksi nitrat tertinggi dicapai pada saat akhir dari fase anaerobik (setelah 3 jam reaksi. Pada awal fase aerobik produksi nitrat turun hingga mencapai 49,21% (percobaan 1) dan 60,87% (percobaan 2). Pada fase aerobik produksi nitrat relatif stabil berkisar antara (51,033 – 61,582) mg/L pada percobaan 1 dan (45,165 – 79,919) mg/L.

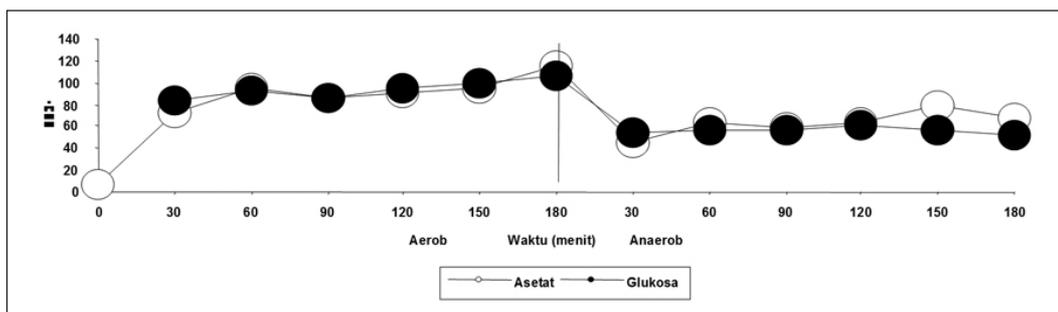
3.5. Perubahan amonium, nitrit dan nitrat (tabel 2) 6 jam reaksi dapat dilihat pada tabel 2. Perubahan amonium pada percobaan 3 (penambahan glukosa) dan percobaan 4 (penambahan sukrosa) menunjukkan perubahan yang agak berbeda. Pada percobaan 3, konsentrasi amonium dari awal fase anaerob trit dan sampai akhir reaksi menunjukkan kenaikan dan mencapai optimal pada 2 jam reaksi pada fase aerob (berkisar dari 33,655 – 140,933 mg/L), dengan kenaikan sekitar 20 mg/L setiap setengah jam reaksi. Sedangkan pada percobaan 4 konsentrasi amonium terlihat stabil dari awal fase anaerob sampai akhir fase

aerob dengan fluktuasi yang sangat kecil. Produksi nitrit dan nitrat baik pada percobaan 3 dan 4 amat kecil, produksi nitrit tertinggi didapatkan pada awal fase anaerob.

Profil perubahan amonium, nitrit dan nitrat dari PDAM Surabaya dinyatakan pada gambar 4. Pada gambar 4 profil perubahan amonium terus naik dari saat awal fase anaerob sampai akhir fase anaerobik bahkan sampai fase aerob dan mencapai puncak setelah 2 jam reaksi. Produksi nitrit dan nitrat sangat kecil dan stabil dari awal fase anaerob sampai akhir fase aerob. Bila dibandingkan dengan hasil percobaan curah dari PDAM Bogor maka profil perubahan amonium, nitrit dan nitrat sangat berbeda pada PDAM Bogor produksi nitrit dan nitrat sangat tinggi

sedangkan PDAM Surabaya sangat rendah padahal sumber C yang diberikan adalah sama yaitu glukosa. Perbedaan ini terjadi mungkin lebih disebabkan karena bakteri yang berperan didalam proses tersebut. Pada PDAM Bogor bakteri nitrifier lebih aktif terbukti produksi nitrat dan nitrit tinggi, sedangkan PDAM Surabaya bakteri tersebut tidak berperan sehingga hampir tidak terbentuk produksi nitrit dan nitrat.

Gambar 5 menunjukkan perubahan amonium, nitrit dan nitrat dengan asupan sukrosa sebagai sumber C. Perubahan konsentrasi amonium pada awal fase anaerob sampai akhir fase terus meningkat, pada fase aerob hampir stabil dengan fluktuasi yang tidak terlalu tinggi. Fluktuasi yang agak tajam terlihat pada perubahan



Gambar 3. Profil Nitrat Selama 6 Jam Reaksi Pada Kondisi aerob dan anaerob

Tabel 2. Produksi nitrat, nitrit dan amonium dalam *batch* reaktor dengan percobaan curah selama 6 jam reaksi dengan sumber karbon (C) utama glukosa dan sukrosa dari limbah PDAM Surabaya

| Waktu (mnt) | Ammonium | | Nitrit | | Nitrat | | pH |
|-------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-------|
| | Sukrosa* | Glukosa** | Sukrosa* | Glukosa** | Sukrosa* | Glukosa** | |
| 0 | 5.793 | 33.655 | 20.328 | 56.783 | 9.303 | 4.915 | 5.513 |
| 30 | 1.803 | 30.253 | 2.077 | 1.935 | 20.696 | 3.143 | 5.434 |
| 60 | 2.937 | 40.697 | 1.697 | 2.268 | 9.725 | 1.624 | 5.571 |
| 90 | 3.194 | 45.848 | 0.019 | 0.129 | 16.561 | 2.805 | 5.667 |
| 120 | 4.922 | 61.727 | 1.46 | 2.458 | 15.886 | 1.371 | 5.626 |
| 150 | 8.419 | 69.267 | 2.125 | 1.698 | 10.147 | 1.286 | 5.344 |
| 180 | 13.166 | 87.679 | 2.41 | 1.887 | 9.725 | 1.877 | 5.821 |
| 30 | 11.444 | 100.007 | 1.079 | 2.268 | 15.042 | 1.962 | 6.003 |
| 60 | 12.153 | 84.742 | 1.65 | 2.458 | | | 6.461 |
| 90 | 8.419 | 115.224 | 1.65 | 1.317 | 13.016 | 2.046 | 6.387 |
| 120 | 7.947 | 140.933 | 1.079 | 2.22 | 9.136 | 3.312 | 6.454 |
| 150 | 9.742 | 87.909 | 1.317 | 2.78 | 25.506 | 4.578 | 6.592 |
| 180 | 11.168 | 97.833 | 1.222 | 1.602 | 8.544 | 4.746 | 6.409 |

* (percobaan 4) ** (percobaan 3)

nitrat dari awal reaksi sampai akhir selama 6 jam mengalami grafik yang naik turun dan mencapai puncak pada 2,5 jam reaksi pada fase aerob. Produksi nitrit turun drastis pada awal reaksi kemudian stabil dan setelah itu cenderung menurun sampai akhir reaksi

4. KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat disimpulkan :

1. Pada saat anaerob proses denitrifikasi dengan sumber C utama glukosa (percobaan 1) dan asetat (percobaan 2) dari PDAM Bogor berjalan tidak stabil, dan terjadi akumulasi nitrit pada 2,5 jam reaksi sampai mencapai 518,739 mg/l. Penambahan nutrient glukosa maupun asetat tidak memberikan pengaruh yang nyata pada proses degradasi amonium, karena keduanya mempunyai pola yang relatif sama.
2. Perubahan amonium pada percobaan 3 (penambahan glukosa) dan percobaan 4 (penambahan sukrosa) dari PDAM

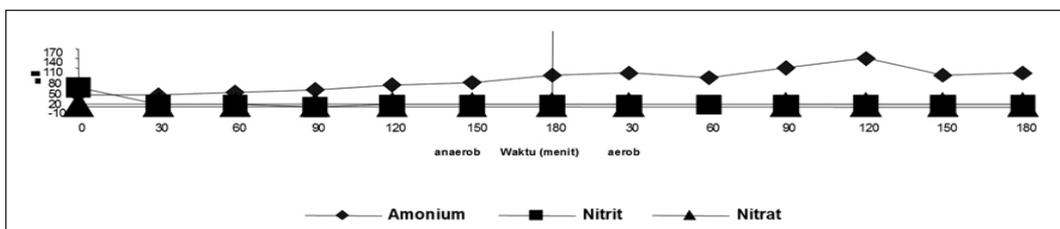
Surabaya menunjukkan perubahan yang agak berbeda. Pada percobaan 3, konsentrasi amonium dari awal fase anaerob sampai akhir reaksi menunjukkan kenaikan dan mencapai optimal pada 2 jam reaksi pada fase aerob (berkisar dari 33,655 – 140,933 mg/L), dengan kenaikan sekitar 20 mg/L setiap setengah jam reaksi.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

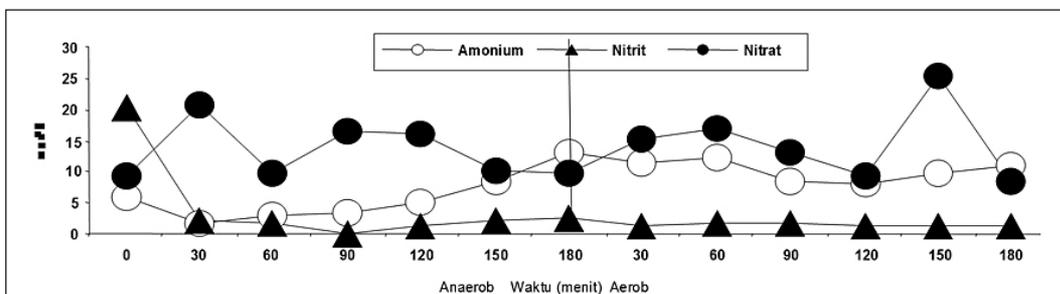
Penulis mengucapkan terimakasih kepada Proyek Penelitian Sumber Daya Hayati Puslit-Biologi yang telah memberi dana untuk penelitian ini, juga kepada teman-teman kerja yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ruiz G, Jeison D, Chamy R. 2003. Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of waste water with high ammonia concentration. *Water Res* 37 : 1371-1377



Gambar 4. Profil Perubahan amonium, Nitrit dan Nitrat pada Percobaan Curah dari PDAM Surabaya (Glukosa)



Gambar 5. Profil Perubahan amonium, Nitrit dan Nitrat pada Percobaan Curah Selama 6 Jam Reaksi dari PDAM Surabaya (Sukrosa)

2. Anthonisen A.C., Lohr R.C., Prakasam T.B.S. and Srinath E.G., 1976. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *J. Wat Pollut. Cont. Fed.* 48 : 835-852
3. Bovell, C. 1967. The effect of sodium nitrite on the growth of *Micrococcus denitrificans* *Arch. Microbiol.* 59:13-19
4. Focht D.D. and Verstraete W., 1977. . Plenum Press. New York. *Wastewater, Microb. Ecal.*, pp ;119- 138
5. Hong W. Zhao, D.S. Mavinic, W.K. Oldham and Frederic A. Koch, 1999. Controlling Factors for Simultaneous Nitrification and Denitrification in a Two-stage Intermittent Aeration Process Treating Domestic Sewage. *Wat. Res.* Vol 33 (40) : 961-970
6. Fang F, Liu Xw, Xu J, YU HQ, Li YM. 2009. Formation of aerobic granules and their PHB production at various substrate and ammonium concentrations. *Bioscience Technol* 34 : 421-428.
7. Cech, JS, and P hHatman. 1990. Glucose Induced Breakdown of Enhanced Biological Phosphorus Removal, *Environ. Tech.*, Vol. 11, pp: 651-656 .
8. Mino, T., V Arun, Y. Tsuzuki, T. Matsuo, 1987, Effect of Phosphorus Accumulation on Acetate Metabolism in Biological Phosphorus Removal Process, *Wat. Sci. Tech.*, 23, pp: 567-576
9. Kortstee, G. J. J., K. J. Appeldoorn, C. F. C. Bonting, E. W. J. v. Niel and H. W. v. Veen, 1994 *Biology of Polyp – Accumulating Bacteria Involved in Enhanced Biological Phosphorus Removal*, *FEMS Microbiol., Rev.* 15, pp : 137-153
10. Lotter, L. H. and M. Murphy, 1998, *Microscopic Evaluation of Carbon and Phosphorus Accumulation in Nutrient Removal Activated Sludge Plants*, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 20, No.4/5, IAWPRC, Great Britain, pp : 37- 49
11. Jenkins, D. and V. Tandoi 1991 , *The Applied Microbiology of Enhanced Biological Phosphate Removal – Accomplishments and Needs*, *Wat. Res.*, Vol. 25, No.12, Pergamon Press plc, Great Britain, pp: 1471- 1478